

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**«До захисту допущено»**

**Завідувач кафедри МАХНВ**

**\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко**

**(підпис)**

**“ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.**

**МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ**

**на здобуття освітнього ступеня магістр**

**з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування**

**спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв**

**на тему: Модернізація лінії виробництва пива з розробкою теплообмінника "труба в трубі" і дробарки**

**Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-71мп**

**Пищик Богдан Ігорович**

**Керівник проекту канд. техн. наук, доц. І.А. Андреєв**

**Консультанти:**

**охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях**

**канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун**

**(підпис)**

**розробка стартап-проекту**

**доц., канд. економ. наук Н.В. Юдіна**

**(підпис)**

**технологія виготовлення кришки**

**ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос**

**(підпис)**

**автоматичний контроль і керування процесом**

**канд. техн. наук, доц. І.А. Андреєв**

**(підпис)**

**Рецензент**

**\_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий степінь, прізвище та ініціали)**

**(підпис)**

**Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.**

**Студент \_\_\_\_\_ Б.І. Пищик**

**Київ – 2018**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**Освітній ступінь – магістр**

**спеціальність: 133 Галузеве машинобудування**

**спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Пищику Богдану Ігоровичу

**1. Тема магістерської дисертації:** «Модернізація лінії виробництва пива з розробкою теплообмінника "труба в трубі" і дробарки»

керівник магістерської дисертації Андреев І. А. кандидат технічних наук, доцент  
затверджена наказом по університету від 12 листопада 2018 р. № 4139-с

**2. Термін подання студентом магістерської дисертації:** 17 грудня 2018 р.

**3. Вихідні дані до дисертації:** продуктивність лінії – 3млн. дал/рік, охолоджуваний продукт – сусло, початкова температура сусла  $T_{2n}=323$  К; кінцева температура сусла  $T_{2k}=293$  К; сировина для подрібнення – зволожений солод, мінімальний діаметр вхідного продукту  $d_{min}=0,006$  м, крупність готового продукту  $d_{prod.}=0,003$  м.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:**

а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкцій теплообмінника та дробарки, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та

надійність конструкцій, а саме, параметричний, конструктивний, гідравлічний розрахунки, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій цих апаратів;

б) розробка стартап-проекту;

в) охорона праці: провести аналіз відповідності лінії до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування лінією, скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення кришки підшипника вала, виконати розрахунки режимів точіння, розробити пристрій для свердління.

**5. Перелік графічного матеріалу:** принципова схема установки – А1, схема автоматичного керування – А1, складальні креслення: складальне креслення апарата – А0, опора – А1, елемент теплообмінника – А3, дробарка валкова – 3 х А1 кондуктор – А1, кришка – А2, ілюстрація технічної ідеї патенту – 2 х А1.

## **6. Консультанти розділів проекту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І.М.		
Розробка стартап-проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення кришки	Двойнос Я.Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Андрєєв І.А.		

**7. Дата видачі завдання** 1 вересня 2018 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання	Примітка керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності дисертації.	05.09.18	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	12.09.18	
3	Опис лінії. Схема лінії. Вибір і опис конструкції апарата. Технічні характеристики лінії, апарата. Добір матеріалів.	17.09.18	
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апаратів.	20.09.18	
5	Розробка складальних креслень апарата і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату.	25.09.18	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	28.09.18	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	04.10.18	
8	Розробка стартап-проекту.	010.10.18	
9	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці.	15.10.18	

10	Розробка технології виготовлення кришки підшипника.	22.10.18	
11	Розробка автоматичного контролю і керування процесом блоку.	13.11.18	
12	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності дисертації діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	30.11.18	
13	Попередній захист дисертації.	13.12.18	
14	Корегування дисертації за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту.	14.12.18	

**Студент**

\_\_\_\_\_ Б.І. Пищик  
(підпис)

**Науковий керівник**

\_\_\_\_\_ І.А. Андреев  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

УДК 661.7

Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою магістерської підготовки на тему "Модернізація лінії виробництва пива з розробкою теплообмінника «труба в трубі» і дробарки". НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник Андреев І.А. – К., 2018. – 173 с.: 27 іл.. Виконавець Пищик Б.І.. – Бібліогр.: 35 п.

Магістерська дисертація складається зі вступу, восьми розділів, висновків, переліку посилань із 35 найменувань і 7 додатків. Загальний обсяг роботи становить с. основного тексту, рисунку, таблиць.

Метою роботи є модернізація лінії виробництва пива. Проект містить опис процесу виготовлення пива, конструкції теплообмінника та дробарки опис, призначення та області застосування обладнання, технічні характеристики, опис і обґрунтування вибраних конструкцій, розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій, рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів, а також рівень стандартизації та уніфікації, розробку стартап-проекту.

Результати роботи можуть бути використані з навчальною метою на кафедрі машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.

ТРУБА В ТРУБІ, ПОДРІБНЕННЯ СОЛОДУ, ДРОБАРКА, ТЕПЛООБМІННИК.

## РЕФЕРАТ

УДК 661.7

Магистерская диссертация по образовательно-профессиональной программе магистерской подготовки на тему "Модернизация линии производства пива с разработкой теплообменника «труба в трубе» и дробилки". НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»; Руководитель Андреев I.A. - М., 2018. – 173 с .: 27 ил.. Исполнитель Пищик Б.І. - Библиогр .:35 п.

Магистерская диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, списка ссылок из 35 наименований и 7 приложений. Общий объем работы составляет с. основного текста, рисунков, таблиц.

Целью работы является модернизация линии производства пива. Проект содержит описание процесса производства пива, конструкции теплообменника и дробилки, описание, назначение и области применения оборудования, технические характеристики, описание и обоснование выбранных конструкций, расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций, рекомендации по монтажу и эксплуатации аппаратов, а также уровень стандартизации и унификации, разработку стартап-проекта.

Результаты работы могут быть использованы в учебных целях на кафедре машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств.

ТРУБА В ТРУБЕ, ДРОБЛЕНИЕ СОЛОДА, ДРОБИЛКА, ТЕПЛООБМЕННИК.

## ABSTRACT

UDC 661.7

The Master's thesis on the theme " Modernization of the beer production line with the development of a heat exchanger tube in a pipe and crusher" National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific supervisor I. Andreev – K., 2018. –173 p.: 27 il. – . Developer B.I. Pyshchyk – References: 35.

The Master's consists of an introduction, eight sections, conclusions, a list of references of 35 titles and 7 appendixes. The total volume is pages of the main text, figures, tables.

The aim of the work is to modernization of the beer production line, the project contains a description of the beer production process, the design of the heat exchanger and the crusher description, purpose and application of the equipment, specifications, description and justification of the selected constructions, calculations confirming the efficiency and reliability of designs, recommendations for the installation and operation of the apparatus, and also the level of standardization and unification, the development of a startup project.

The results of the work can be used with the educational purpose at the department of machinery and apparatus of chemical and petroleum processing industries.

PIPE IN A PIPE, CRUSHING MALT, CRUSHER, HEAT EXCHANGER.



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

освітнього ступеня магістр  
**з спеціальності:** 133 Галузеве машинобудування  
**спеціалізація:** Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування  
обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

**на тему: Модернізація лінії виробництва пива з розробкою теплообмінника**  
**«труба в трубі» і дробарки**

Київ – 2018

## Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	12
Вступ.....	13
1 Призначення та область використання лінії виробництва пива .....	14
1.1 Опис технологічного процесу вилучення фенолів із стічних вод .....	14
1.2 Вибір типів апаратів, та їх місце в технологічній схемі .....	16
2 Технічна характеристика основних апаратів установки.....	17
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів.....	18
3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей.....	18
3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами..	20
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів .....	22
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки.....	23
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції теплообмінника. ....	31
4.1 Параметричний розрахунок теплообмінника .....	31
4.2 Гідравлічний розрахунок теплообмінника .....	38
4.3 Перевірочний розрахунок товщини стінок труб.....	41
4.4 Розрахунок фланцевого з'єднання .....	47
4.5 Розрахунок опор на міцність .....	57
4.6 Розрахунок основних параметрів дробарки та перевірка міцності основних вузлів .....	63
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	75
6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів.....	83
7. Рівень стандартизації та уніфікації.....	85
8. Розробка стартап-проекту... ..	87

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата	Модернізація лінії виробництва пива з розробкою теплообмінника «труба в трубі» і дробарки	Літ.	Лист	Листів
Разроб.		Пищик Б.І.					10	
Перев.		Андреев І.А.						
Н.Контр.						КПІ ім. І. Сікорського, МАХНВ, ІХФ		
Затв.								

8.1 Опис ідеї проекту...	87
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту...	89
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту...	89
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту...	96
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту...	98
8.6 Висновки .....	101
Висновки .....	102
Выводи.....	103
Conclusion.....	104
Перелік посилань.....	105
Додаток А Технологія виготовлення кришки...	109
Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом...	126
Додаток В Документація до патентного дослідження..	134
Додаток Г Таблиця ідентифікаторів, блок-схема розрахунку, програма розрахунку діаметрів штуцерів скрубера...	143
Додаток К Патенти, які використані в патентному дослідженні.....	146
Додаток Л Публікації автора.....	156

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

$h$  – висота, м;

$c$  – прибавка до розрахункової товщини, м;

$D, d$  – діаметри, м;

$N$  – потужність, Вт;

$w$  – швидкість, м/с;

$G$  – масова витрата, кг/с;

$P$  – тиск, Па;

$T$  – температура, К;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м<sup>2</sup> / с;;

$x, y$  – мольна концентрація, кмоль/кмоль;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м<sup>2</sup> · К;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м<sup>2</sup> · К.

Критерії:

$Nu$  – критерій Нуссельта;

$Re$  – критерій Рейнольдса;

$Pr$  – критерій Прантдля.

## Вступ

За останні роки рівень життя в Україні покращився. Саме цей фактор сприяє розвитку крафтової продукції, а саме виробництва пива. Розробка ліній виробництва пива активно ведеться промислово розвиненими країнами і є досить актуальними в сьогоденні.

Робота включає аналіз технологічного процесу з описом та обґрунтуванням обраних конструкцій апаратів та їх місце в технологічній схемі, технічні характеристики основних апаратів установки, конструкції і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників обраних конструкцій з аналогами, вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів, патентний огляд конструкцій основного обладнання установки, проведення розрахунків, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій апаратів, охорону праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, рекомендації щодо їх монтажу та експлуатації, рівень стандартизації та уніфікації, розробка стартап-проекту, впровадження модернізації, розробку та описання технологічного процесу виготовлення деталі та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

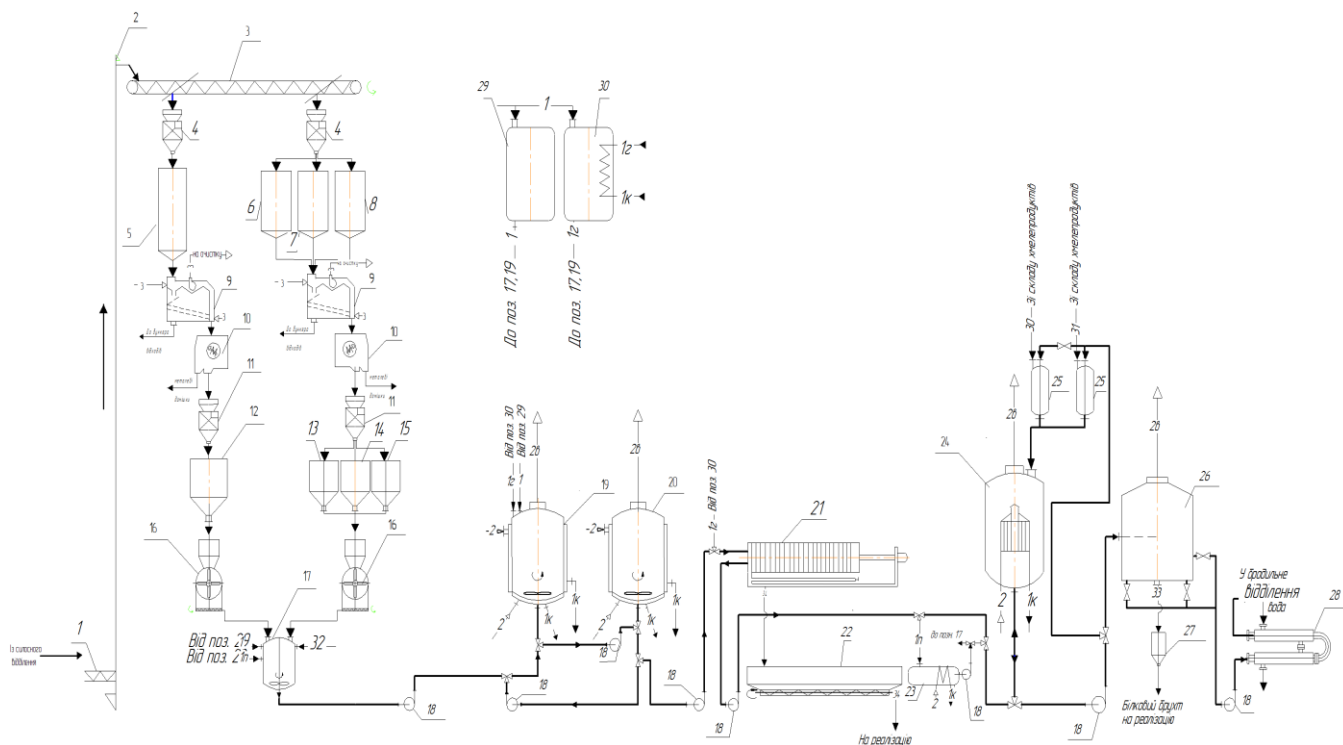
Завдання на магістерську дисертацію одержано у вересні 2018 року під час проходження переддипломної практики в ТОВ "РІВА-СТАЛЬ".

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

# 1. Призначення та область застосування лінії виробництва виробництва пива

## 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема [1] представляє лінію виробництва пива, а саме його варильного відділення. Технологічна схема наведена на рисунку 1.



1,3- шнековий транспортер; 2- норія; 4, 11- ваги автоматичні; 5, 6, 7, 8- бункер для світлого, темного, карамельного та несолодженого солоду відповідно; 9- повітряно- ситовий сепаратор; 10- магнітний сепаратор; 12, 13, 14, 15- проміжний бункер для світлого, темного, карамельного та несолодженого солоду відповідно; 16- молоткова дробарка; 17- передзаторний апарат; 18- відцентровий насос; 19- заторний апарат; 20- варочно- заторний апарат; 21- фільтр прес; 22- збірник для солодової дробини; 23- збірник промивної води; 24- сусловарильний апарат; 25- збірник хмелю; 26- вірпул; 27- збірник білкового брукхту; 28- теплообмінник "труба в трубі"; 29, 30- збірник холодної та гарячої води відповідно.

Рисунок 1 – Технологічна схема лінії виробництва пива

Виробництво пива досить об'ємна робота і проходить в декількох відділеннях. В даній ситуації приведена лінія виробництва пивав сусловарочному відділенні. Солод або інші зернопродукти за допомогою шнекового транспортера (1) та норії (2) потрапляють на ваги (3), після чого потрапляють до бункерів відповідного типу солоду (5, 6, 7, 8). Очищення солоду і зернопродуктів від домішок проходить в повітряно- ситовому сепараторі (9), далі очищення в магнітному сепараторі (10) від металевих домішок. Пройшовши стадії очистки від різних типів домішок солод потрапляє на автоматичні зважувальні ваги (11) і розподіляється по проміжним бункерам відповідно до типу солоду та зернопродуктів. Подрібнення сировини проходить в валковій дробарці (16), після чого проходить затирання подрібненої сировини. Затір проходить в варочно-заторному апараті (20) при температурі 45-78 °С, за допомогою подачі пари та води (температура води становить 35- 40 °С ). Фільтрування готового затору відбувається в фільтр- пресі, за рахунок чого залишки дробини вилучаються з сировини в збірник для солодової дробини (22). Пройшовши через збірник промивної води сировина потрапляє в сусловарильний апарат, де проходить кип'ятіння сусла з хмелем близько 2 годин (в залежності від технології) при температурі 100 °С. Отримане сусло направляють в вірпул (26), де проходить його освітлення та часткове охолодження ( до 50 – 70 °С), після чого сусло охолоджується в теплообміннику (28) до заданої температури (в залежності від технології виробництва ). Готове охолоджене сусло далі транспортують в бродильне відділення. Після бродильного відділення молоде пиво відстаюється, при необхідності насичується діоксидом вуглицю. Готовий продукт потрапляє в відділ пакування.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

## 1.2 Вибір типу апаратів та їх місце в технологічній схемі

### Дробарка

В даній технологічній схемі дробарка призначена для подрібнення солоду та інших зернових продуктів до заданої величини шляхом часткового подрібнення зі збереженням оболонки, яка в подальшому використовується як фільтраційний матеріал. Необхідно підібрати такий тип дробарки, який відповідав би необхідним умовам для подрібнення солоду, а саме: відповідність заданій продуктивності, простота конструкції, повна або часткова заміність деталей апарату, відповідність технологічним умовам подрібнення солоду.

Для цієї лінії виробництва доцільно використовувати двохвалкову дробарку.

### Теплообмінник "труба в трубі"

В приведеній лінії виробництва даний теплообмінник охолоджує сусло. Для ефективного охолодження приймаємо теплообмінник типу «труба в трубі».

За [2] обираємо теплообмінник типу ТТОН - нерозбірний однопоточний теплообмінник «труба в трубі».

В даному теплообміннику рідиною, що охолоджує виступає вода. Особливих вимог щодо характеристик апарату немає, окрім заданих параметрів охолоджуваного сусла, тому вибраний теплообмінник є доцільним в цій технологічній схемі.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		



## 2 Технічна характеристика основних апаратів установки

### Теплообмінник «труба в трубі»

Продуктивність по охолодженню сусли, кг/с, $G_2$	1,6;
Початкова температура сусли, К, $T_{1n}$	323;
Кінцева температура сусли, К, $T_{1к}$	293;
Початкова температура води, К, $T_{2n}$	293;
Кінцева температура води, К, $T_{2к}$	333;
Робочий тиск, МПа:	
— в трубному просторі	0,6;
— в міжтрубному просторі	0,5;
Загальна поверхня теплообміну, м <sup>2</sup>	14
Загальна кількість елементів, шт.	16
Загальна кількість секцій, шт.	4
Довжина труб апарата, м	6

### Дробарка

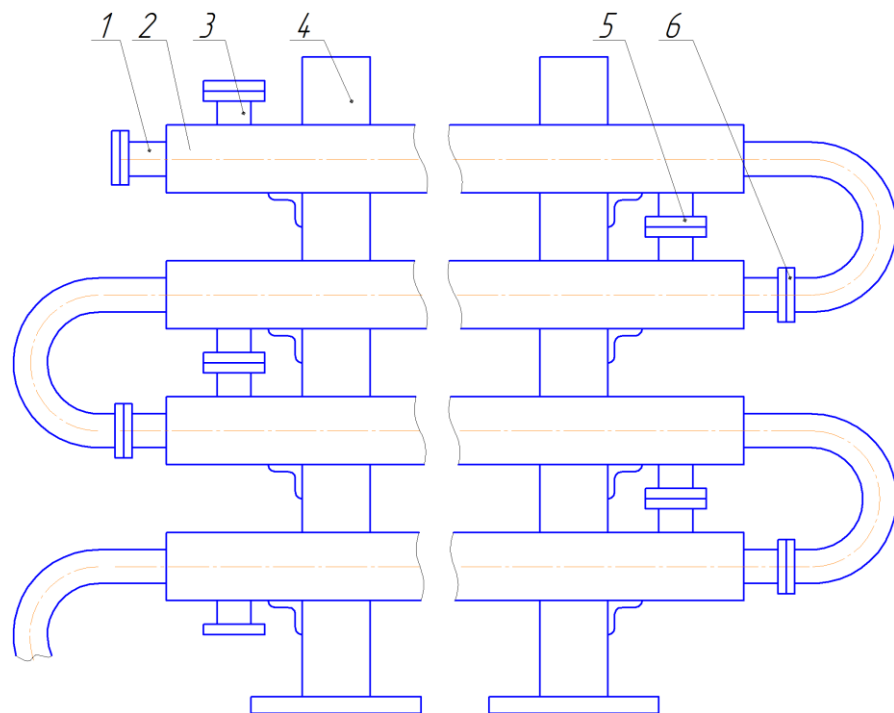
продуктивність, т/год, Q	5000
мінімальний діаметр вхідного продукту, м, $d_{min}$	0,006
крупність готового продукту, м, $d_{prod}$	0,003
відстань між валками, м, b	0,003
кут захоплення, град, $\alpha$	35
ступінь подрібнення, м	2
матеріал для подрібнення	м'який

### 3.3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

#### 3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей

##### Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник (рисунок 3.1) складається з внутрішніх та зовнішніх труб, прямолінійних патрубків за допомогою яких з'єднані секції.



1 – внутрішня труба; 2- зовнішня труба; 3- прямолінійний патрубок; 4- опора; 5- горизонтальні фланці; 6- вертикальні фланці

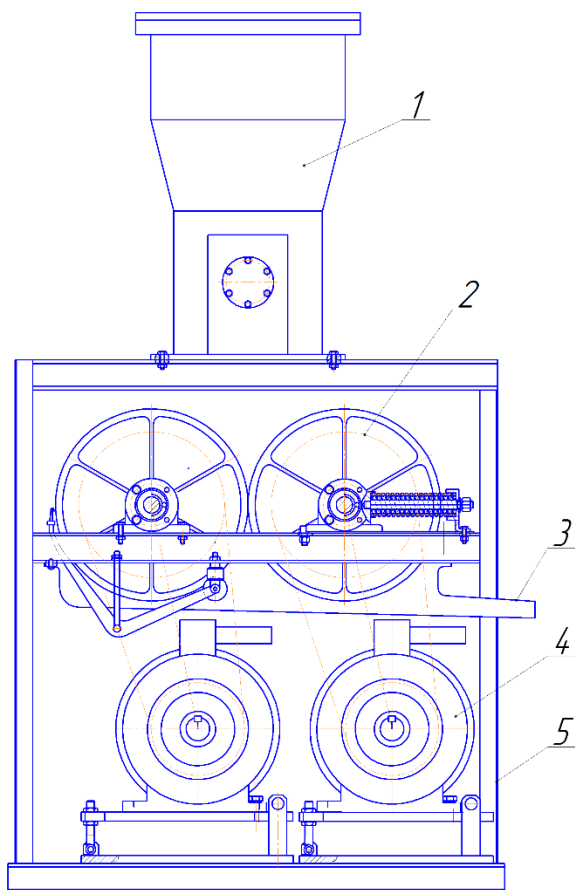
Рисунок 3.1 Теплообмінник «труба в трубі»

Принцип роботи даного апарату являє собою постійний контакт охолоджуваної сировини, що рухається по внутрішній трубі з хладагентом, який розташований в внутрішній трубі ( в даному випадку вода). Вся конструкція апарату розміщена на опорі 4 в горизонтальному положенні.

## Дробарка

Дробарка призначена для подрібнення необхідної сировини ( солоду) до заданої величини, при цьому не сильно пошкоджуючи оболонку солоду.

Схема дробарки, яка використовується в даному проекті представлена на рисунку 3.2.



1 – бункер подачі матеріалу; 2 – робочі валки; 3 – лоток для відводу готового продукту; 4 – привід; 5 – рама

Рисунок 3.2 – Дробарка

В верхній частині дробарки знаходиться бункер, з якого подається сировина в зону подрібнення. В даному апараті валки приводять в рух два електропривода. Подрібнену сировину відводять за допомогою лотка 3 на подальше використання. Бункер, валки та привід розташовані на рамі.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

### 3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

#### Дробарка

В дисертації розробляється конструкція двухвалкової дробарки. Порівняння основних характеристик обраної конструкції з відомими аналогами описано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Порівняння основних показників конструкції з аналогами

Технічна характеристика	Дробарка 2 -валкова	Дробарка «MillStar»	Дробарка 4- валкова
Продуктивність, т/год	5000(5)	4000(3)	3500(2)
Простота конструкції	(5)	(3)	(3)
Ступінь подрібнення, м	2(5)	2(5)	2(5)
Вологе подрібнення	Наявне (5)	Наявне (5)	Відсутнє (3)
(Сума балів)	(20)	(18)	(13)

Висновок: враховуючи, що запропонована сушарка набрала найбільшу кількість балів за рахунок простоти конструкції та більш високої продуктивності, то доцільно використовувати цей тип дробарки.

## Теплообмінник «труба в трубі»

В магістерській дисертації представлена розробка конструкції теплообмінника типу «труба в трубі».

Порівняння основних характеристик обраної конструкції теплообмінника з відомими аналогами описано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Порівняння основних показників конструкції з аналогами

Технічна характеристика	Труба в трубі	Пластинчатий	З плаваючою головкою
Продуктивність, кг/с	1,6 (5)	1,6 (5)	1,4(4)
Площа теплообміну, м <sup>2</sup>	12 (5)	14 (5)	14 (5)
Розміри труб які використовуються, мм	48x4, 76x4, (5)	25x3, 57x4, (3)	102x16, 159x4,5, (3)
Загальна кількість елементів, шт.	16 (5)	52, (2)	24 (3)
Простота конструкції	(4)	(4)	(2)
(Сума балів)	(24)	(19)	(17)

Висновок: провівши порівняння видно, що доцільно використовувати теплообмінник «труба в трубі», за рахунок простоти конструкції та загальної кількості елементів.

### 3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

Для теплообмінника «труба в трубі» застосовуємо труби діаметрами 48×4, 76×4, які повинні бути виготовленні зі сталі 12X18H10T ГОСТ 9941-81 і випробувані гідравлічним випробуванням, фланці виготовляються також зі сталі 12X18H10T. Це пов'язано з тим, що сировина, яка охолоджується має корозійний вплив на труби, тому використовуємо леговану сталь. Нормативні допустимі напруження для сталі 490 – 500 МПа.

Фланці апарату виробляються зі сталі Ст 12X18H10T (ГОСТ 380 - 94). Завдяки широкому діапазону робочої температури сталі Ст 12X18H10T ця сталь має високу корозійну стійкість, і працює з кислотними, лужними та іншими активними середовищами.

Болти використовуються з 35 марки сталі( ГОСТ 1050- 74), що забезпечують необхідні умови для машин з високими вимогами. Шайби отримують з марки сталі Ст3 сп (ГОСТ 380-94); при випробуванні сталі на розтяг межа міцності має бути не менше 380 МПа. Матеріал виготовлення прокладок – пароніт. Прокладки з цього матеріалу є стійкими до високих температур (не більше 773 К) та тиску, що не більше 2,5 МПа.

Для дробарки стандартні вироби (болти, шайби, прокладки) використовуємо тих самих характеристик марок сталі, що приведені вище.

Для виготовлення валків використовуються виливки з чавуну марки ПВКЗ [16]. Даний чавун є високоякісний, і призначений для переплавки в спеціальних цехах в виливки високої якості.

Опори апаратів виконано з низьколегованої сталі 16ГС (за ГОСТ 5520 - 79), яка відрізняється високим температурним діапазоном використання, а саме від 230 К до 747 К.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

### 3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки

Проведено патентний пошук для порівняння характеристик та перевірки патентної чистоти. Порівняння ряду конструкцій для теплообмінника «труба в трубі» та дробарки наведено нижче.

Предмет пошуку: Теплообмінник «труба в трубі» та дробарка.

Метою даного підрозділу є визначення актуальності апаратів, що запропоновані на сучасному ринку.

#### Теплообмінник «труба в трубі»

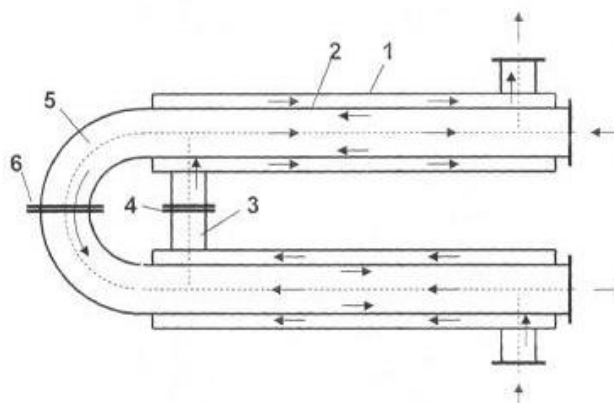
Теплообмінник [17] зображено на рисунку 3.3. В трубному просторі рухається рідина, яку потрібно охолодити, в міжтрубному – рідина хладагент.

Переваги апарата:

- низький гідравлічний опір в калачі апарату
- зниження металоємності
- можливість прочистки калача

Недоліки:

- ускладнення конструкції
- ймовірність протікання фланцевих з'єднань
- великі затрати часу у разі поломки



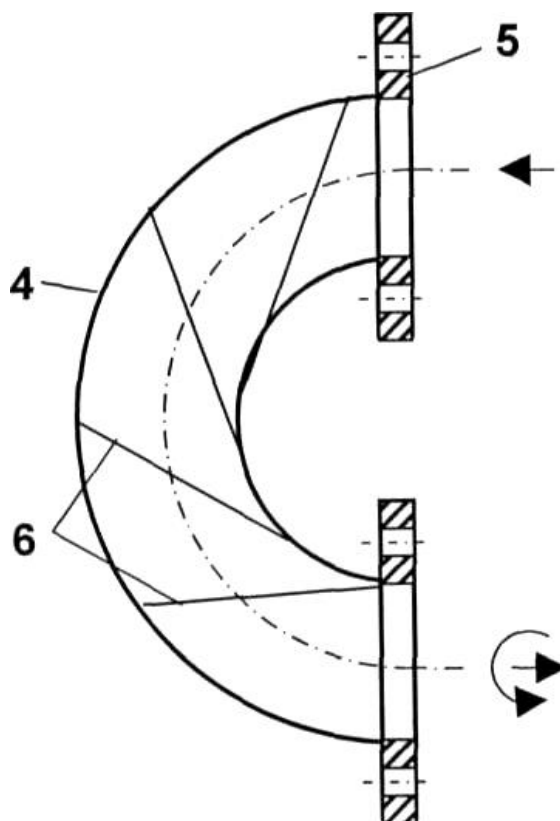
1, 2 – горизонтальні труби; 3 – прямолінійний патрубок;  
4, 6 – горизонтальні фланці; 5 – криволінійний патрубок

Рисунок 3.3 Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник [18], зображений на рисунку 3.4, метою якого є вдосконалення трубного простору, а саме закручення потоку рідини в трубному просторі.

Перевагою даного патенту є підвищення процесу теплообміну за рахунок закручення потоку, що суттєво підвищує продуктивність.

Недоліков є складна конструкція апарату та важка технологія виготовлення оребрення в середині труби.



4 – калач; 5 – вертикальний фланець; 6 – спіральні ребра

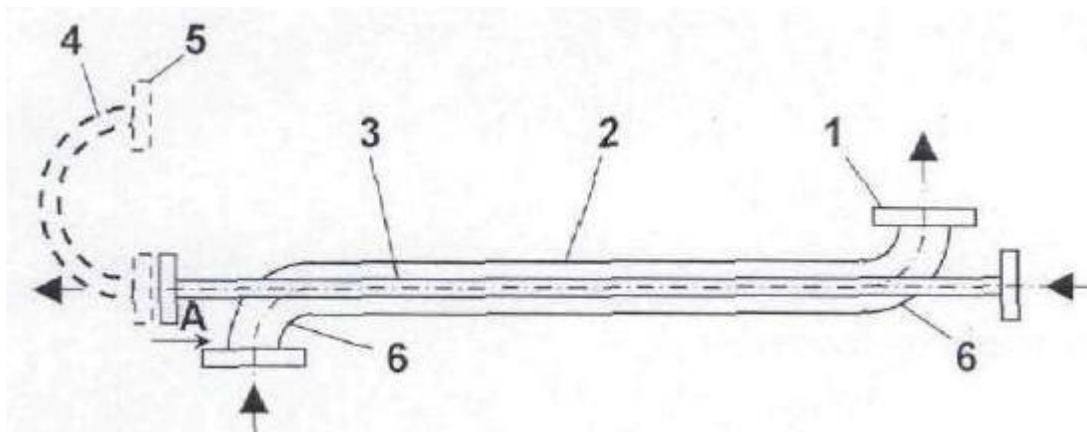
Рисунок 3.4 Теплообмінник з оребренням в трубному просторі

Теплообмінник [19], принципову схему якого наведено на рисунку 3.5 має вдосконалення, що полягає в зниженні гідравлічного опору в міжтрубному просторі.

Перевагою є зниження металоємності, а також зниження гідравлічного опору в міжтрубному просторі.



Недоліком виступає важкість очистки даного апарату, а також важкість конструкції.

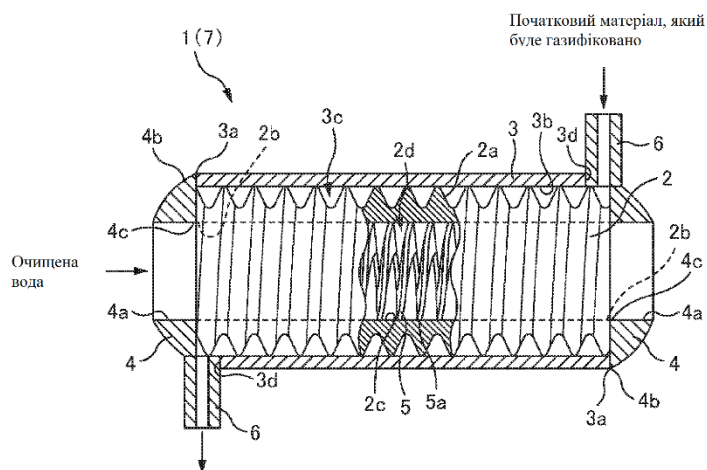


1 – патрубки; 2 – зовнішні труби; 3 – прямолінійні внутрішні труби; 4 – калач; 5 – фланець; 6 – кінцева ділянка зовнішньої труби

Рисунок 3.5 Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник [20], що представлено на рисунку 3.6 являє собою звичайний теплообмінник, але з використанням подвійних труб. Перевагою цього патенту є збільшення турбулізації потоку та велика продуктивність.

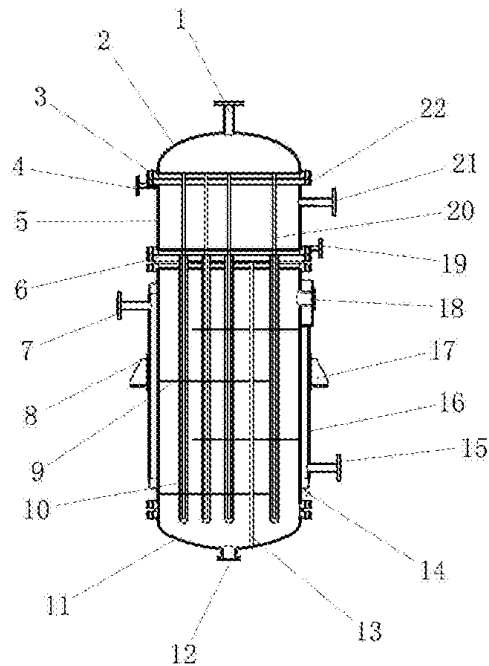
Недоліком виступає складність виготовлення та експлуатації апарату, високий гідравлічний тиск.



1 – подвійна труб; 2 – внутрішня труба; 3 – зовнішня труба;  
4 – кінцева частина закриваючого елемента; 5 – гвинтове формування каналу потоку; 6 – сполучна труба; 7 - теплообмінник

Рисунок 3.6 – Теплообмінник «труба в трубі»

Патент китайського теплообмінника [21] представлено на рисунку 3.7. В основу модернізації даного апарату покладено ідею не закріплення труб з однієї сторони. Перевагою дааного патенту є можливість використовувати його для сировини з специфічними умовами, також наявність подвійних труб. Недоліком є складність конструкції, високі тиски в апараті, велика кількість фланцевих з'єднань.



1 – впускной штуцер; 2 – обичайка; 3 – головка ЕНА; 4 – фланец; 5, 6 – ствольні секції; 7 – трубчатий лист з скляною футировкою; 8 – вхід кожуха; 9 – циліндричний корпус; 10 – тетрафторетиленові перегородки; 11 – теплообмінні труби; 12 – ТНА; 13 – випускний отвір; 14 – розпірна трубка; 19 – загрузочний отвір; 20 – злив; 21 – витратомір; 22 – випуск

Рисунок 3.7. Теплообмінник

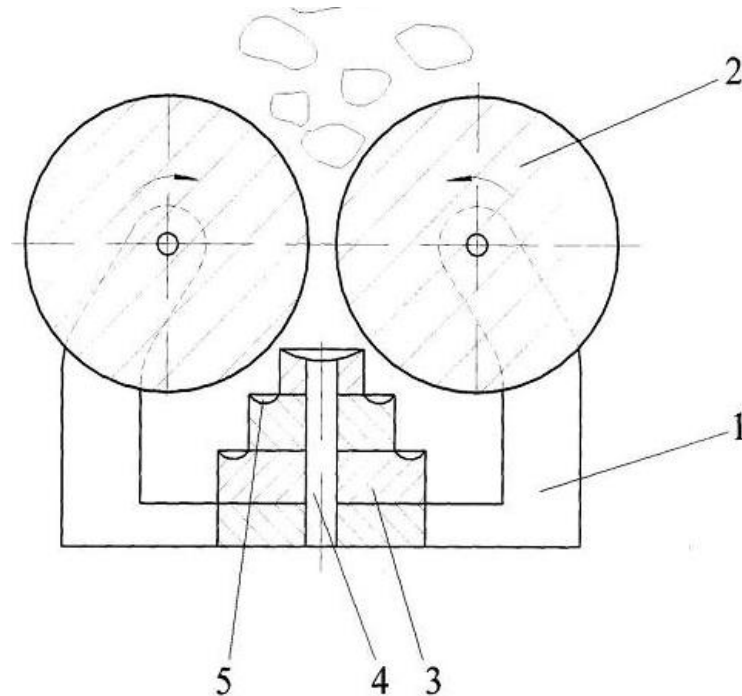
### Дробарка

Дробарка [22], представлена на рисунку 3.8 і являє собою конструкцію звичайної двохвалкової дробарки з наявністю допоміжного пристрою для подрібнення.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Перевага полягає в кращому ступені подрібнення та ефективній переробці продукту.

Недоліком даної конструкції є виготовлення пластин для допоміжного пристрою, а також можливість заклинення матеріалу в пристрої.



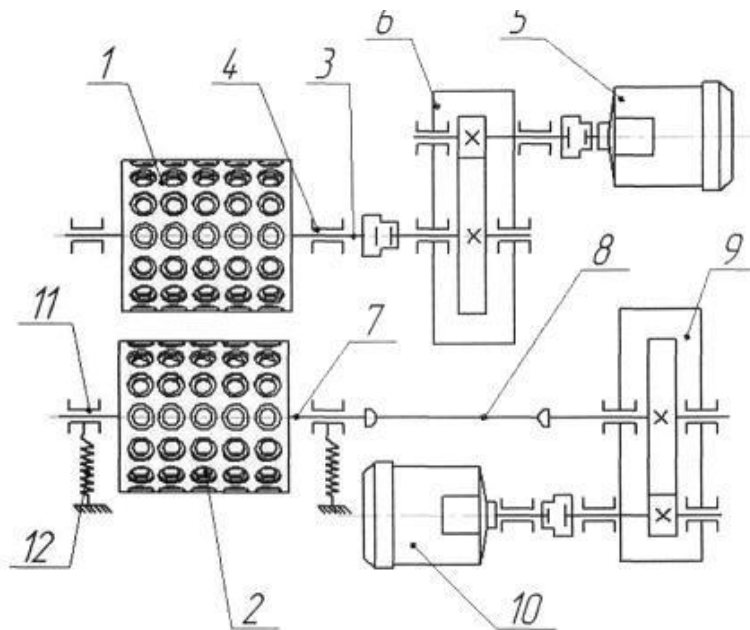
1 – рама; 2 – валки; 3 – пластини; 4 – стрижень; 5 – поглиблення

Рисунок 3.8 Дробарка двухвалкова

Валкова дробарка [23] представлена на рисунку 3.9. Валки дробарки з гладкими бандажами, що обертаються один в нерухомому підшипнику, інший в рухомому.

Перевагою патенту є наявність рухомого підшипника для валу, що зменшенню енергоємності та швидшому подрібненню матеріалу.

Недоліком є можливість заклинювання при великих швидкостях дробління та пропуск бракованої дробини.



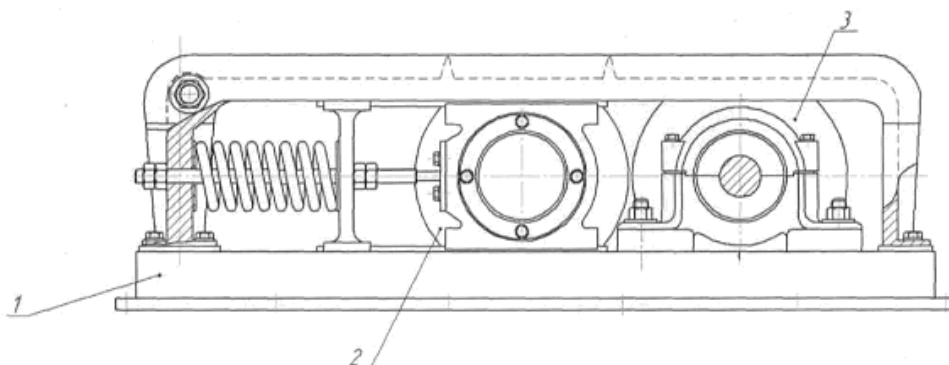
1, 2 – валки; 3, 7 – вал; 4 – нерухомі підшипники;  
 5, 10 – електродвигун; 6, 9 – редуктор; 8 – карданний вал;  
 11 - рухомі підшипники; 12 – пружини

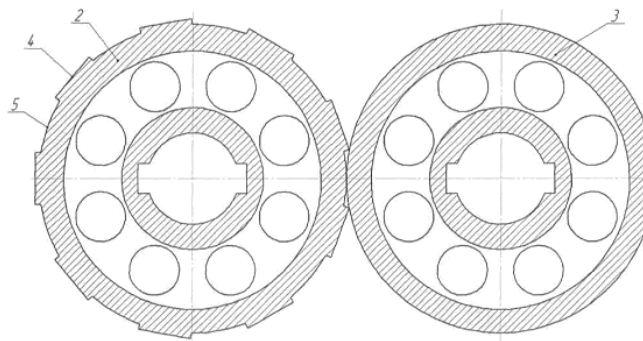
Рисунок 3.9 Дробарка з рухомим валком

Дробарка [24] представлена на рисунку 3.10 і являє собою станину, на якій розташовані вали в підшипникових вузлах. Суть модернізації полягає в виконанні на валку невеликих виступів.

Перевагою є вдосконалення конструкції валків, що запобігає проковзуванню цілої сировини без подрібнення, а також постійного тиску на валок.

Недоліком є неможливість подрібнення твердих матеріалів, а також висока собівартість даної установки.





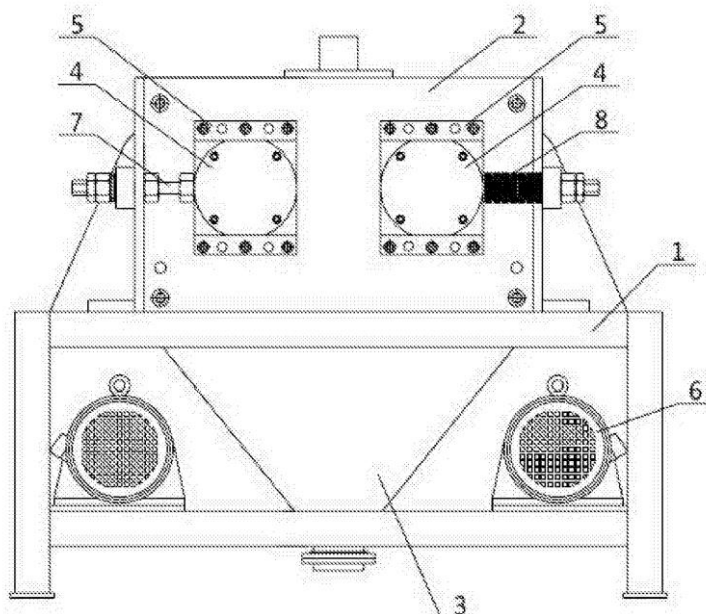
1 – корпус; 2, 3 – паралельні валки; 4 – виступ; 5 – впадина

Рисунок 3.10. Валкова дробарка

Патент дробарки, що був винайдений в Китаї являє собою двухвалкову дробарку з можливістю регулювання ступеня подрібнення, а також модернізацією для запобігання перенавантажень на електродвигун. Конструкція представлена на рисунку 3.11.

Перевагою даної моделі є наявність закритого корпусу, що знижує фактор травмування, а також уникнення перенавантажень.

Недоліком є масивність конструкції, довгий час ремонту у разі поломки, за рахунок наявності масивних захисних кожухів.



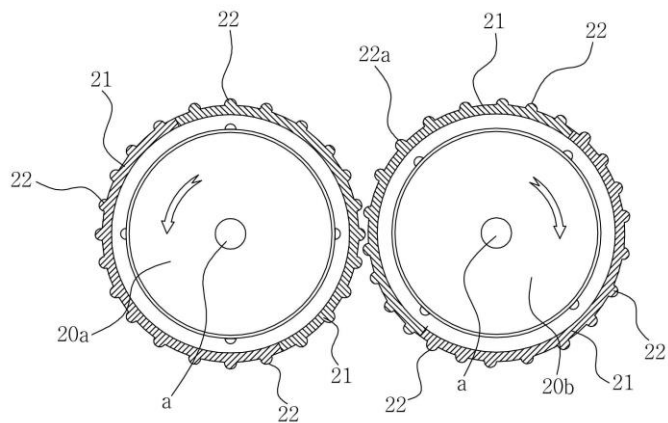
1 – рама; 2 – захисний кожух; 3 – конус для збору готового матеріалу; 4 – валки; 5 – кріплення; 6 – електродвигун; 7 – фіксатор валка; 8 – пружина

Рисунок 3.11 Валкова дробарка

Дробарка [26], схема дії якої представлена на рисунку 3.12. Модернізація полягає в рифленні валків та можливості зворотнього ходу валків.

Перевага даної конструкції в наявності рифлених валків та зворотнього ходу, що запобігає заклиненню матеріалу.

Недоліком конструкції є можливість зачеплення поверхні валків, а також матеріальні затрати для виготовлення валків такої конструкції.



а – вісь обертання валка; 21 – впадина; 22 – виступ (рифлення)

Рисунок 3.12 Дробарка

## 4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

### 4.1 Параметричний розрахунок теплообмінника

Головною метою розрахунку є визначення поверхні теплообміну та основних розмірів теплообмінника.

Розрахункова схема представлена на рисунку 4.1.

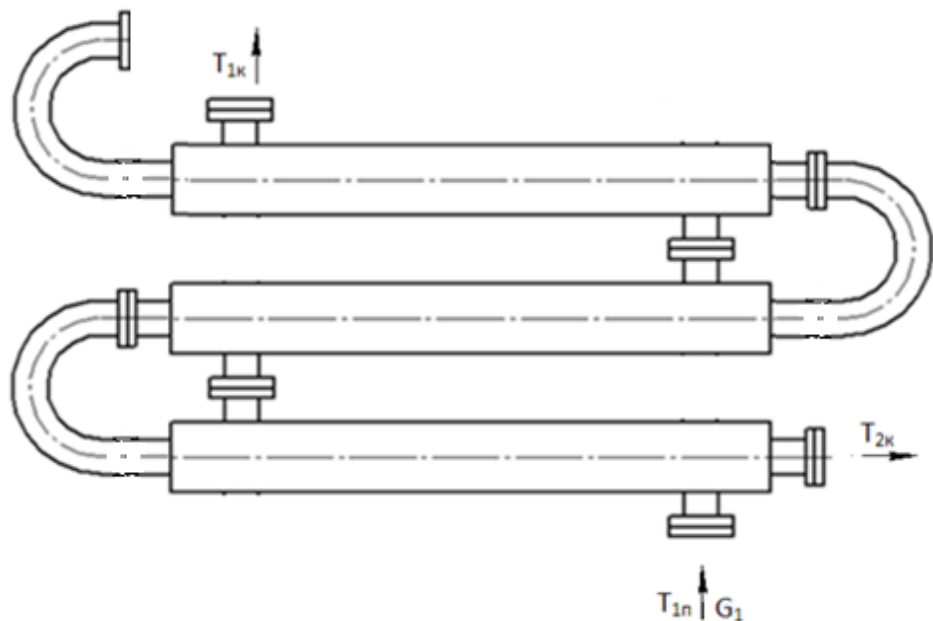


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема теплообмінника

Вихідні данні:

Продуктивність охолодження сусли, кг/с, $G_2$	1,6;
початкова температура сусли, К, $T_{2н}$	323;
кінцева температура сусли, К, $T_{2к}$	293;
початкова температура води, К, $T_{1н}$	293;
кінцева температура води, К, $T_{1к}$	333.

Параметричний розрахунок теплообмінника «труба в трубі» здійснено за методикою, наведеною у [1].

Визначимо витрату теплоти і витрату води. Приймаємо індекс "1" для

гарячого теплоносія (сусло), індекс "2" – для холодного теплоносія (вода).

Більша різниця температур на кінцях теплообмінника:

$$\Delta T_{\bar{o}} = T_{2n} - T_{1k} = 323 - 293 = 30 \text{ К.}$$

Менша різниця температур на кінцях теплообмінника:

$$\Delta T_{\bar{m}} = T_{1n} - T_{2k} = 333 - 293 = 40 \text{ К.}$$

Оскільки відношення  $\frac{\Delta T_{\bar{o}}}{\Delta T_{\bar{m}}} = \frac{30}{40} = 0,75 \leq 2$ , то визначаємо середню арифметичну різницю температур

$$\Delta T_{cp} = \frac{30 + 40}{2} = 35 \text{ К.}$$

Середня температура сусла:

$$t_1 = \frac{T_{2n} + T_{2k}}{2} = \frac{323 + 293}{2} = 308 \text{ К}$$

Середня температура води:

$$t_2 = \frac{T_{1n} + T_{1k}}{2} = \frac{293 + 333}{2} = 313 \text{ К}$$

Теплове навантаження  $Q$  знаходимо з рівняння теплового балансу по суслу:

$$Q = 1,05 G_1 * C_1 (T_n - T_k) = 1,05 \cdot 1,6 \cdot 3,927 \cdot 10^3 (323 - 293) = 197920,8 \text{ Вт}$$

де  $C_1$  – питома теплоємність сусла при його середньому значенні температури  $T=308 \text{ К}$ ,  $C_1=3,927 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ .

Витрати води:

$$G_B = \frac{Q_1}{C_2 \cdot (t_k - t_n)} = \frac{197920,8}{4191 \cdot (333 - 293)} = 1,180 \text{ кг / с}$$

де  $C_2=4191 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ – питома теплоємність води [13; 1].

Об'ємні витрати сусла та води:

$$V_C = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{1,6}{1040} = 0,0015 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_2} = \frac{1,180}{974,8} = 0,0012 \text{ м}^3 / \text{с}$$

де  $\rho_1=1040 \text{ кг/м}^3$  та  $\rho_2=974,8 \text{ кг/м}^3$ -густина сусла та води відповідно [13;1].

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		



Визначаємо орієнтовне значення поверхні теплообміну, вважаючи, що  $K_{op}=1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , при теплообміні від рідини до рідини (вода):

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \Delta T_{cp}} = \frac{197920,8}{1000 \cdot 35} = 7,61 \text{ м}^2.$$

Виходячи з попередньо обчисленої площі теплообміну вибираємо труби для теплообмінника  $48 \times 4 \text{ мм}$  (внутрішня труба),  $76 \times 4 \text{ мм}$  (зовнішня труба).

Швидкість сусли в трубах для забезпечення турбулентного режиму:

$$\omega_2' = \frac{Re_2 \mu_2}{d_2 \rho_2} = \frac{10000 \cdot 1,130 \cdot 10^{-6}}{0,040 \cdot 1040} = 0,272 \text{ м/с}.$$

$\mu_2=1,130 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$  – в'язкість сусли при  $t_1=308 \text{ К}$  [13].

Число труб  $48 \times 4 \text{ мм}$ , які працюють паралельно, при цьому:

$$n = \frac{V_2}{0,785 d_2^2 * \omega_2} = \frac{0,0015}{0,785 * 0,040^2 * 0,272} = 4,09.$$

Прийmemo  $n=4$ . Визначаємо швидкість та Критерій Рейнольдса.

Для сусли:

$$\omega_2 = \frac{V_2}{0,785 d_2^2 n} = \frac{0,0015}{0,785 * 0,040^2 * 4} = 0,293 \text{ м/с}.$$

$$Re_2 = \frac{\omega_2 d_2 \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,293 * 0,040 * 1040}{0,00113} = 10786,55$$

Для води:

$$\omega_1 = \frac{V_1}{S_1} = \frac{V_1}{0,785 (D^2 - d^2) n} = \frac{0,0012}{0,785 (0,068^2 - 0,048^2) 4} = 0,17 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$Re_1 = \frac{\omega_1 d_1 \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,17 * 0,040 * 974,8}{0,0003806} = 17416,29$$

де еквівалентний діаметр  $d_e = D - d = 0,068 - 0,048 = 0,02 \text{ м}$ .

Теплопередача для сусли:

$$Nu_2 = 0,021 E_1 Re_2^{0,8} Pr_2^{0,43} \left( \frac{Pr_2}{Pr_{ct,2}} \right)^{0,25}$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Коефіцієнт  $\varepsilon_l$  приймаємо рівним 1, вважаючи, що  $\frac{L}{d_e} > 50$  за таблицею 4.3.

Приймаємо поправку Михеєва  $\left(\frac{Pr_2}{Pr_{cm2}}\right)^{0,25}$  для суслу, рівною одиниці [1].

Критерій Прандтля для суслу при 308 К :

$$Pr_2 = \frac{c_2 \mu_2}{\lambda_2} = \frac{3927 \cdot 1,113 \cdot 10^{-3}}{59 \cdot 10^{-2}} = 7,52,$$

де  $\lambda_2 = 59 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К) – коефіцієнт теплопровідності для суслу [13].

Критерій Нуссельта для суслу:

$$Nu_2 = 0.021 E_1 Re_2^{0.8} Pr_2^{0.43} \left(\frac{Pr_2}{Pr_{ct.2}}\right)^{0.25} = 0.021 * 10000^{0.8} * 7.52^{0.43} * 1 = 84.197$$

Коефіцієнт тепловіддачі від суслу до стінки:

$$\alpha_2' = \frac{Nu_2' \lambda_2}{d_2} = \frac{84,197 \cdot 59 \cdot 10^{-2}}{0,04} = 1241,91 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Теплопередача для турбулентного режиму руху для води описується рівнянням:

$$Nu_1' = 0,021 \varepsilon_l Re_1^{0.8} Pr_1^{0.43} \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm.1}}\right)^{0,25}$$

Коефіцієнт  $\varepsilon_l$  приймаємо рівним 1, вважаючи, що  $\frac{L}{d_e} > 50$  за таблицею 4.3.

Приймаємо поправку Михеєва  $\left(\frac{Pr}{Pr_{cm1}}\right)^{0,25}$  для води , рівною одиниці [1].

Критерій Прандтля для води при 313 К:

$$Pr_1 = \frac{c_1 \mu_1}{\lambda_1} = \frac{4191 \cdot 0,381 \cdot 10^{-3}}{67,1 \cdot 10^{-2}} = 2,38,$$

де  $\lambda_1 = 67,1 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К) – коефіцієнт теплопровідності для води [1].

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Критерій Нуссельта:

$$Nu_1 = 0.021 E_1 Re_1^{0.8} Pr_1^{0.43} \left( \frac{Pr_1}{Pr_{ct.1}} \right)^{0.25} = 0.021 * 17416,29^{0.8} * 7.532^{0.43} * 1 = 75,3$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води:

$$\alpha_1' = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{75,320 \cdot 67,4 \cdot 10^{-2}}{0,02} = 2526,99 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}.$$

Термічний опір стінки і забруднень:

$$\sum r_{cm} = r_{забр.1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_{забр.2} = \frac{1}{2900} + \frac{0,004}{15,43} + \frac{1}{2900} = 9,489 \cdot 10^{-4} (\text{м}^2\text{·К)/Вт},$$

де  $\lambda_{cm} = 15,43 \text{ Вт/(м·К)}$  – коефіцієнт теплопровідності сталі 12Х18Н10Т.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ct} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2526,99} + 9,489 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1241,91}} = 465,31 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Поверхнева густина теплового потоку:

$$q = K \cdot \Delta T_{cp} = 465,31 \cdot 35 = 16285,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Визначаємо орієнтовне значення  $T'_{cm.1}$  та  $T'_{cm.2}$  виходячи з того, що:

$$q' = K' \cdot \Delta T_{cp} = \alpha_1' \cdot \Delta T_1' = \frac{1}{\sum r_{cm}} \cdot \Delta T_2' = \alpha_2' \cdot \Delta T_2',$$

де сума:

$$\Delta T_1' + \Delta T_{cm}' + \Delta T_2' = \Delta T_{cp}.$$

Знайдемо:

$$\Delta T_1 = \frac{q}{\alpha_1} = \frac{16285,8}{2526,99} = 6,44 \text{ К}$$

$$\Delta T_{ct} = q * \sum r_{ct} = 16285,8 * 0,000948 = 15,438 \text{ К}$$

$$\Delta T_2 = \frac{q}{\alpha_2} = \frac{16285,8}{1241,91} = 13,113 \text{ К}.$$

Перевірка: сума  $\Delta T_1'$ ,  $\Delta T_2'$  та  $\Delta T_{cm}'$  дорівнює  $\Delta T_{cp}$ :

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

$$6,44+15,438+13,113=35 \text{ К.}$$

Звідки:

$$T'_{cm.2} = T_2 - \Delta T_2' = 323 - 6,44 = 316,56 \approx 317 \text{ К};$$

$$T'_{cm.1} = T_1 + \Delta T_1' = 293 + 13,113 = 306,113 \approx 306 \text{ К.}$$

Вводимо поправку у коефіцієнт тепловіддачі, визначивши  $\left(\frac{Pr}{Pr_{cm}}\right)^{0,25}$ .

Критерій Прандтля для сула при  $T_{cm.2}=306 \text{ К}$ :

$$Pr_{cm.2} = \frac{c_{cm.2} \cdot \mu_{cm.2}}{\lambda_{cm.2}} = \frac{3917 \cdot 1,13 \cdot 10^{-3}}{0,59} = 7,51.$$

Критерій Прандтля для води при  $T_{cm.1}=317 \text{ К}$ :

$$Pr_{cm.1} = \frac{c_{cm.1} \cdot \mu_{cm.1}}{\lambda_{cm.1}} = \frac{4076 \cdot 0,393 \cdot 10^{-3}}{0,636} = 2,33.$$

Коефіцієнт тепловіддачі для сула:

$$\alpha_2 = \alpha_2' \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cm.2}}\right)^{0,25} = 1241,91 \cdot \left(\frac{7,52}{7,51}\right)^{0,25} = 1240,98 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)},$$

Коефіцієнт тепловіддачі для води:

$$\alpha_1 = \alpha_1' \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm.1}}\right)^{0,25} = 2526,99 \cdot \left(\frac{2,38}{2,33}\right)^{0,25} = 2540,43 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}.$$

Перераховуємо значення  $K$ ,  $q$ ,  $T_{cm.1}$ ,  $T_{cm.2}$ :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ct} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2540,43} + 9,489 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1240,98}} = 467,41 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

$$q = K \cdot \Delta T_{cp} = 467,41 \cdot 35 = 16341,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

$$A_1 = \frac{\alpha_1 - \alpha_1'}{\alpha_1} \cdot 100\% = \frac{2540,43 - 2526,9}{2540,43} \cdot 100\% = 1,47$$

$$A_2 = \frac{\alpha_2 - \alpha_2'}{\alpha_2} \cdot 100\% = \frac{1240,98 - 1241,91}{1240,98} \cdot 100\% = 0,7$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Подальші уточнення  $\alpha_1, \alpha_2$  непотрібні, через те що розбіжності між  $\alpha_1, \alpha_1'$  та  $\alpha_2, \alpha_2'$  не перевищує 5%.

Розрахункова площа поверхні теплопередачі:

$$F_p = \frac{197920,8}{16341,35} = 13,11 \text{ м}^2$$

З запасом 10%  $F_p = 14 \text{ м}^2$ .

Площа поверхні теплообміну одного елемента довжиною 6 м:

$$F_1 = \pi \cdot d_{cp} \cdot L = 3,14 \cdot 0,044 \cdot 6 = 0,829 \text{ м}^2.$$

Число елементів в кожній із чотирьох секцій:

$$N = \frac{F_p}{n \cdot F_1} = \frac{14}{4 \cdot 0,829} \approx 4 \text{ шт.}$$

Висновок: загальна площа теплообміну складає  $14 \text{ м}^2$ , а загальна кількість елементів  $n \cdot N = 4 \cdot 4 = 16$  шт. Розташовуємо труби в чотирьох секціях по 4 труби.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

## 4.2 Гідравлічний розрахунок теплообмінника

Метою гідравлічного розрахунку є визначення гідравлічного опору в міжтрубному і трубному просторі теплообмінника, а також визначення затрат потужності на переміщення теплоносіїв.

Розрахункова схема визначення гідравлічних опорів зображена на рисунку 4.2.

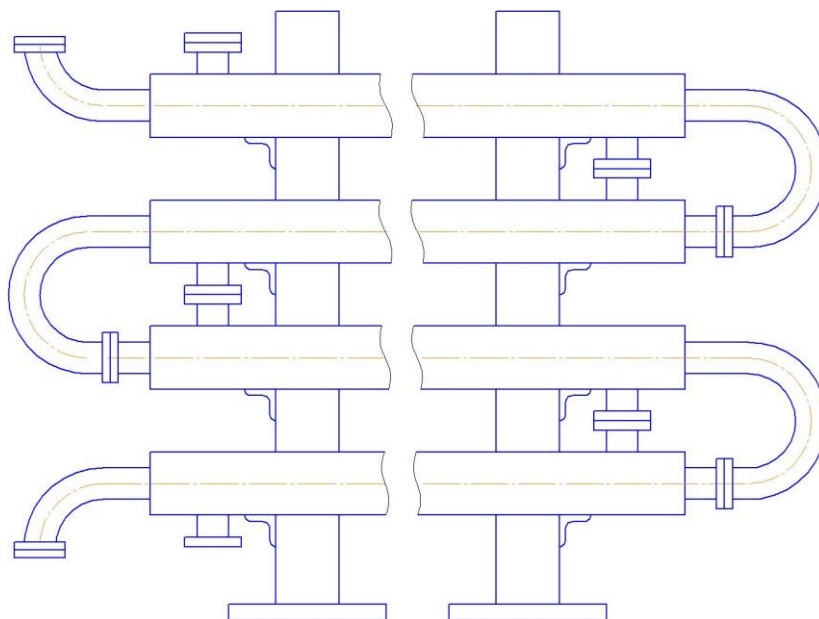


Рисунок 4.2– Розрахункова схема визначення гідравлічних опорів

Вихідні дані для розрахунку:

середня температура суслу, К, $T_2$	308;
густина суслу при середній температурі, кг/м <sup>3</sup> , $\rho_2$	1040;
швидкість суслу, м/с, $\omega_2$	0,272;
критерій Рейнольдса, $Re_2$	10786,55;
середня температура води, К, $T_1$	313;
густина води, кг/м <sup>3</sup> , $\rho_1$	974,8;
швидкість води, м/с, $\omega_1$	0,17;
критерій Рейнольдса, $Re_1$	17416,26.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [5].

Коефіцієнт тертя  $\lambda$  визначається залежно від режиму. В турбулентних потоках виділяють три зони. Для вибору розрахункової формули необхідно знати відносну шорсткість труб. Значення відносної шорсткості знайдемо з залежності:

$$e_2 = \frac{\Delta}{d_g} = \frac{0,001}{0,04} = 0,025$$

де  $\Delta$  - абсолютна шорсткість труб,  $\Delta=0,001$  м [5];

$d_g$  – внутрішній діаметр теплообмінних труб,  $d_g = 0,04$  м.

Тоді можна визначити, що в теплообміннику має місце зона змішаного тертя:

$$\frac{10}{e_2} < \text{Re}_2 < \frac{560}{e_2}$$

$$\frac{10}{0,025} < 10786,55 < \frac{560}{0,025}$$

$$400 < 10786,55 < 22400.$$

Тоді коефіцієнт тертя визначаємо за формулою [10]:

$$\lambda_2 = 0,11 \left( e_2 + \frac{68}{\text{Re}_2} \right)^{0,25} = 0,11 \left( 0,025 + \frac{68}{10786,55} \right)^{0,25} = 0,046.$$

Коефіцієнти місцевих опорів приймаємо згідно рекомендацій, наведених в [5]:

Вхід в трубу:  $\xi_1 = 0,5$ .

Вихід з труби:  $\xi_2 = 1$ .

Плавний відвід круглого перетину [5]:  $\xi_3 = A \cdot B = 1,40 \cdot 0,1 = 0,14$ .

Коліно з кутом  $90^\circ$ :  $\xi_4 = 1,46$

Сумарне значення коефіцієнтів місцевих втрат:

$$\sum \xi = 5 \cdot \xi_1 + 5 \cdot \xi_2 + 20 \cdot \xi_3 + 8 \cdot \xi_4 = 5 \cdot 0,5 + 5 \cdot 1 + 20 \cdot 0,14 + 8 \cdot 1,46 = 21,98.$$

Тоді втрати тиску в трубному просторі:

$$\Delta P_m = \left( \lambda_2 \cdot \frac{z \cdot L}{d_g} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho_2 \cdot W_2^2}{2} = \left( 0,046 \cdot \frac{24 \cdot 6,1}{0,04} + 21,98 \right) \cdot \frac{1040 \cdot 0,272^2}{2} = 7941,5 \text{ Па}$$

Підбір насоса здійснюємо за величинами необхідного напору та об'ємною

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

витратою [5] :

$$H_2 = \frac{\Delta P_2}{\rho_2 \cdot g} = \frac{7941,5}{1040 \cdot 9,81} = 0,755 \text{ м.}$$

$$Q_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{1,6}{1040} = 0,0014 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Потужність, яка необхідна для переміщення сула в трубному просторі теплообмінника:

$$N_2 = \frac{\Delta P_2 \cdot G_2}{1000 \cdot \rho_2 \cdot \eta} = \frac{7941,5 \cdot 1,6}{1000 \cdot 1040 \cdot 0,82} = 0,014 \text{ кВт,}$$

де  $\eta = 0,82$  - ККД насоса.

Розрахуємо гідравлічний опір міжтрубного простору.

Відносна шорсткість:

$$e_1 = \frac{\Delta}{d_e} = \frac{0,0002}{0,02} = 0,01$$

Визначаємо, що в теплообміннику має місце зона змішаного тертя:

$$\frac{10}{e_1} < \text{Re}_1 < \frac{560}{e_1}$$

$$\frac{10}{0,01} < 17416,29 < \frac{560}{0,01}$$

$$1000 < 17416,29 < 56000$$

Коефіцієнт тертя:

$$\lambda_1 = 0,11 \left( e_1 + \frac{68}{\text{Re}_1} \right)^{0,25} = 0,11 \left( 0,01 + \frac{68}{17416,29} \right)^{0,25} = 0,037$$

Коефіцієнти місцевих опорів:

Вхід в трубу  $\xi_1 = 0,5$ ;

Вихід з труби  $\xi_2 = 1$ ;

Сумарне значення коефіцієнтів місцевих втрат:

$$\sum \xi = 29 \cdot (\xi_1 + \xi_2) = 29 \cdot (0,5 + 1) = 43,5.$$

Втрати тиску в міжтрубному просторі:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		



$$\Delta P_m = (\lambda_1 \cdot \frac{z \cdot L}{d_g} + \sum \xi) \cdot \frac{\rho_2 \cdot \omega_1^2}{2} = (0,037 \cdot \frac{24 \cdot 6}{0,02} + 43,5) \cdot \frac{974,8 \cdot 0,17^2}{2} = 15082,7 \text{ Па}$$

Визначаємо напір та об'ємну витрату:

$$H_1 = \frac{\Delta P_1}{\rho_1 \cdot g} = \frac{14082,7}{974,8 \cdot 9,81} = 1,577 \text{ м,}$$

$$Q_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{2,313}{974,8} = 0,00237 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Потужність, яка необхідна для переміщення води в між трубному просторі теплообмінника:

$$N_1 = \frac{\Delta P_1 \cdot G_1}{1000 \cdot \rho_1 \cdot \eta} = \frac{15082,7 \cdot 2,313}{1000 \cdot 974,8 \cdot 0,82} = 0,044 \text{ кВт,}$$

де  $\eta = 0,82$  - ККД насоса.

Висновок: таким чином витрати тиску в трубному просторі становлять 7942,5 Па, а в міжтрубному – 15082,7 Па. Потужність яка необхідна для переміщення суслу  $N_2=0,014$  кВт та води  $N_1=0,044$  кВт. Вибираємо відцентровий насос X8/18 з напором 11,3 м, витратою  $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

#### 4.3 Перевірочний розрахунок товщини стінок труб

**Перевірочний розрахунок товщини стінок труб для внутрішньої труби яка навантажена робочим внутрішнім тиском**

Метою розрахунку є перевірка товщини стінки внутрішньої труби яка навантажена внутрішнім робочим тиском.

Розрахункова схема для внутрішньої труби яка навантажена внутрішнім тиском наведена на рисунку 4.3.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

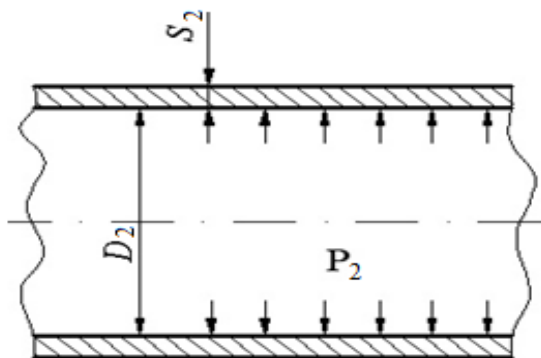


Рисунок 4.3 - Розрахункова схема внутрішньої труби

Вихідні дані для розрахунку:

робочий тиск в середині труби, МПа $P_2$ ,	0,6;
внутрішній діаметр центральної труби, мм, $D_2$ ,	40;
допустиме напруження матеріалу, МПа, $[\sigma]$ ,	179,625;
розрахункова температура, °K, $T_2$ ,	327,392
матеріал труб	12X18H10T.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [9].

Товщина стінки є стандартною і вибрана відповідно діаметру труби  
 $S = 4$  мм [20].

Допустимий внутрішній надлишковий тиск (за ГОСТ 14249-89):

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 179,625 \cdot 0,9 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 0,46 \cdot 10^{-3}) \cdot 10^{-3}}{0,04 + 4 \cdot 10^{-3} - 0,46 \cdot 10^{-3}} = 26,288 \text{ МПа,}$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт міцності зварного шва.

Сума додатків до розрахункової товщини

$$C = C_1 + C_2 = 0,16 + 0,3 = 0,46 \text{ мм}$$

$C_1$  - додаток до товщини стінки, що враховує корозійний вплив середовища на труби:

$$C_1 = \nu \cdot \tau = 0,016 \cdot 10 = 0,16 \text{ м,}$$

де  $\nu$  - швидкість корозії, м/с:

$\tau$  - час служби апарату, роки.

$C_2$  - додаток до товщини стінки, що враховує мінусовий допуск на

виготовлення труб.

$$C_2 = 0,3 \text{ мм за ГОСТ 9941-81}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$P = 0,6 \text{ МПа} \leq [P] = 26,288 \text{ МПа}$$

Висновок: Значення робочого тиску  $P=0,6$  МПа не перевищує значення допустимого тиску  $[P] = 26,288$  МПа. Отже умова міцності виконується, обрана товщина стінки труби  $s=0,004$  м забезпечує міцність апарата від навантаження внутрішнім тиском.

### **Перевірочний розрахунок товщини стінок труб для внутрішньої труби яка навантажена робочим зовнішнім тиском**

Метою розрахунку є перевірка товщини стінки внутрішньої труби яка навантажена зовнішнім робочим тиском.

Розрахункова схема для внутрішньої труби яка навантажена зовнішнім тиском наведена на рисунку 4.4.

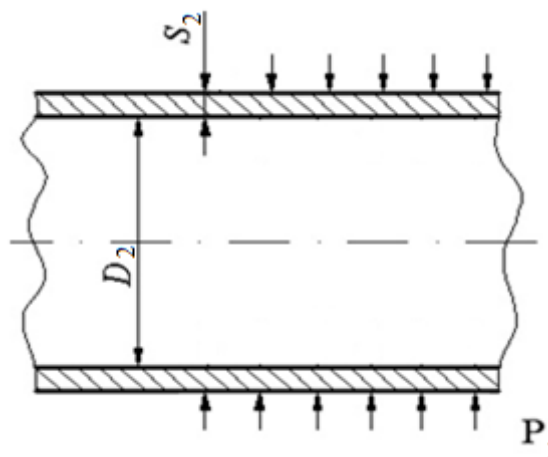


Рисунок 4.4 - Розрахункова схема внутрішньої труби

Вихідні дані для розрахунку:

розрахунковий тиск ззовні труби, МПа $P_1$ ,	0,5;
внутрішній діаметр внутрішньої труби, мм, $D_2$ ,	40;
допустиме напруження матеріалу, МПа, $[\sigma]$ ,	177,75;

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

матеріал

12X18H10T

розрахункова температура, °K, T<sub>2</sub>,

327,392

Товщина стінки є стандартною і вибрана відповідно до діаметру труби

$$S = 4 \text{ мм [20].}$$

Допустимий тиск з умови міцності

$$[P]_M = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 177,75 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 0,32 \cdot 10^{-3})}{0,038 + 4 \cdot 10^{-3} - 0,32 \cdot 10^{-3}} = 29,951 \text{ МПа}$$

Допустимий тиск з умови стійкості в границях пружності

$$[P]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{l} \cdot \left[ \frac{100 \cdot (S - C)}{D} \right]^{2,5} =$$
$$\frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,955 \cdot 10^5}{2,4 \cdot 0,021} \cdot \frac{0,04}{6} \cdot \left[ \frac{100 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 0,32 \cdot 10^{-3})}{0,04} \right]^{2,5} = 138,089 \text{ МПа}$$

де

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{D}{l} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S - C)}} \right\},$$

Звідки

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \cdot \frac{0,04}{6} \cdot \sqrt{\frac{0,04}{100 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 0,32 \cdot 10^{-3})}} = 0,021 \right\}$$
$$B_1 = 0,021$$

Сума додатків до розрахункової товщини

$$C = C_1 + C_2 = 0,16 + 0,3 = 0,46 \text{ мм}$$

C<sub>1</sub> - додаток до товщини стінки, що враховує корозійний вплив середовища на труби:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

$$C_1 = \nu \cdot \tau = 0.016 \cdot 10 = 0,16 \text{ м},$$

де  $\nu$  - швидкість корозії, м/с:

$\tau$  - час служби апарату, роки.

$C_2$  - додаток до товщини стінки, що враховує мінусовий допуск на виготовлення труб.

$$C_2 = 0,3 \text{ мм за ГОСТ 9941-81.}$$

Допустимий зовнішній тиск

$$[P] = \frac{[P]_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_M}{[P]_E}\right)^2}} = \frac{29,951}{\sqrt{1 + \left(\frac{29,951}{138,089}\right)^2}} = 29,27 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$P = 0,5 \text{ МПа} \leq [P] = 29,27 \text{ МПа}$$

Висновок: Значення робочого тиску  $P=0,5$  МПа не перевищує значення допустимого тиску  $[P] = 29,27$  МПа. Отже умова міцності виконується, обрана товщина стінки труби  $s=0,004$  м забезпечує міцність апарата від навантаження зовнішнього тиску.

**Перевірочний розрахунок товщини стінок труб для зовнішньої труби яка навантажена внутрішнім робочим тиском.**

Метою розрахунку є перевірка товщини стінки зовнішньої труби яка навантажена внутрішнім робочим тиском .

Розрахункова схема для внутрішньої труби яка навантажена внутрішнім тиском наведена на рисунку 4.5.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

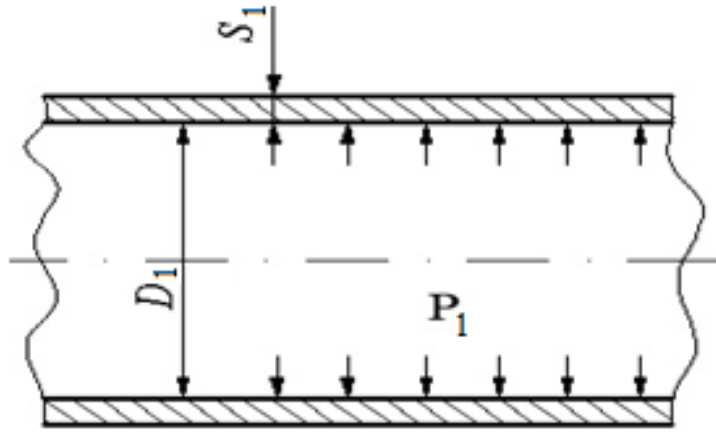


Рисунок 4.5 - Розрахункова схема зовнішньої труби

Вихідні дані для розрахунку:

розрахунковий тиск в середині труби, МПа $P_1$ ,	0,5;
внутрішній діаметр зовнішньої труби, мм, $D_1$ ,	68;
допустиме напруження матеріалу, МПа, $[\sigma]$ ,	179,625;
матеріал	12X18H10T.
розрахункова температура, °K, $T_1$ ,	342,471

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [9].

Товщина стінки є стандартною і вибрана відповідно діаметру труби  
 $S = 4 \text{ мм}$  [20].

Допустимий внутрішній надлишковий тиск (за ГОСТ 14249-89):

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 177,75 \cdot 0,9 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 0,42 \cdot 10^{-3}) \cdot 10^{-3}}{0,068 + 4 \cdot 10^{-3} - 0,42 \cdot 10^{-3}} = 16,002 \text{ МПа},$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт міцності зварного шва,

Сума додатків до розрахункової товщини

$$C = C_1 + C_2 = 0,02 + 0,4 = 0,42 \text{ мм}$$

$C_1$  - додаток до товщини стінки, що враховує корозійний вплив середовища на труби:

$$C_1 = \nu \cdot \tau = 0,002 \cdot 10 = 0,02 \text{ м},$$

де  $\nu$  - швидкість корозії, м/с:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

$\tau$  - час служби апарату, роки.

$C_2$  - додаток до товщини стінки, що враховує мінусовий допуск на виготовлення труб.

$$C_2 = 0,4 \text{ мм за ГОСТ 9941-81.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$P = 0,5 \text{ МПа} \leq [P] = 16,002 \text{ МПа}$$

Висновок: Значення робочого тиску  $P=0,5$  МПа не перевищує значення допустимого тиску  $[P]=16,002$  МПа. Отже умова міцності виконується, обрана товщина стінки труби  $s=0,004$  м забезпечує міцність апарату від навантаження внутрішнім тиском.

#### 4.4 Розрахунок фланцевого з'єднання

Метою розрахунку – є перевірочний розрахунок вибраних фланців на міцність, визначення навантаження на кріпильні деталі, визначення діаметру та товщини фланця, кількості та діаметру болтів.

Схема фланцевого з'єднання представлена на рисунку 4.6.

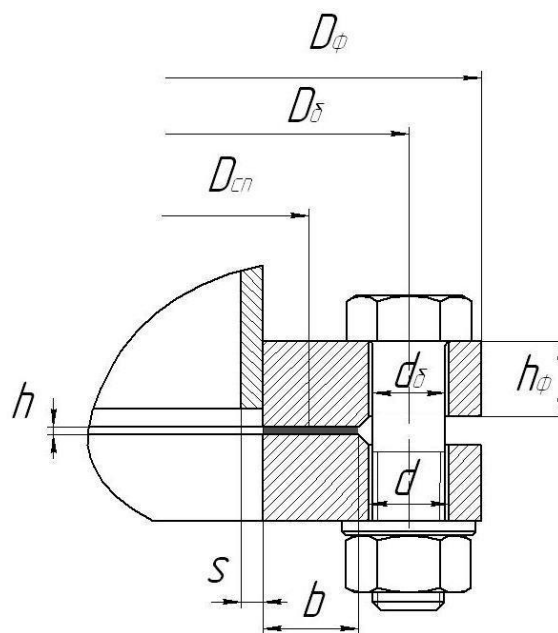


Рисунок 4.6 – Схема фланцевого з'єднання

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

Вихідні дані:

розрахунковий внутрішній тиск, МПа, $P$	0,6;
температура середовища в апараті, К, $t$	45;
внутрішній діаметр фланця, м, $D_v$	0,048;
зовнішній діаметр фланця, м, $D_\phi$	0,130;
діаметр болтового кола, м, $D_b$	0,100;
кількість болтів, шт., $Z_b$	4;
різьба болтів	M12;
висота першого фланця, м, $h_{\phi 1}$	0,016;
висота другого фланця, м, $h_{\phi 2}$	0,016;
товщина стінки апарату, м, $S_1$	0,004;
матеріал фланців	12X18H10T;
матеріал болтів	Сталь 35
зовнішній діаметр прокладки, м, $D_\pi$	0,08
ширина прокладки за таблицею 2 [7], м, $b$	0,016;
товщина прокладки за таблицею 2 [7], м, $S_{\pi p}$	0,002;
матеріал прокладки	пароніт;
коефіцієнт за таблицею 3 [7], $m$	2,5;
мінімальне питоме навантаження за таблицею 3 [7], МПа, $q$	20;
максимальне питоме навантаження за таблицею 3 [7], МПа, $[q]$	130;

Розрахунок ведеться за методикою наведеною в [7], який передбачає визначення навантажень на кріпильні деталі, обчислення напружень у кріпильних деталях і порівняння їх з допустимими, знаходження напруження в найбільш небезпечних перерізах фланців та порівняння їх з допустимими та перевірку фланців на жорсткість за умовою герметичності.

Згідно з таблицею 2 для заданих умов підходить плоский приварний

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		



фланець з плоскою ущільнювальною поверхнею за ГОСТ 12820-80.

Визначення розрахункової температури болтів фланцевого з'єднання:

$$t_b = 0.95 \cdot t = 0.95 \cdot 45 = 42.75^\circ\text{C}$$

Визначення розрахункової температури фланців:

$$t_b = 0.95 \cdot t = 0.96 \cdot 45 = 43.2^\circ\text{C}$$

Визначення допустимих напружень матеріалу фланців та болтів при температурі монтажу та розрахунковій температурі:

допустиме напруження матеріалу першого фланця за [7]

при  $20^\circ\text{C} = (293\text{ K})$ , МПа,  $[\sigma_\phi]^{20}$  520;

допустиме напруження матеріалу першого фланця за [7]

при  $43,2^\circ\text{C} = (313,2\text{ K})$ , МПа,  $[\sigma_\phi]^t$  490;

допустиме напруження матеріалу другого фланця за [7]

при  $20^\circ\text{C} = (293\text{ K})$ , МПа,  $[\sigma_\phi]^{20}$  520;

допустиме напруження матеріалу другого фланця за [7]

при  $43,2^\circ\text{C} = (313,2\text{ K})$ , МПа,  $[\sigma_\phi]^t$  490;

допустиме напруження матеріалу болтів за [7]

при  $20^\circ\text{C} = (293\text{ K})$ , МПа,  $[\sigma_b]^{20}$  540;

допустиме напруження матеріалу болтів за [7]

при  $42,75^\circ\text{C} = (315,75\text{ K})$ , МПа,  $[\sigma_b]^t$  500;

Визначення модуля пружності матеріалу фланців та болтів при розрахункових температурах:

модуль пружності матеріалу болтів за [7]

при  $42,75^\circ\text{C} = (315,75\text{ K})$ , МПа,  $E_b$   $1,96 \cdot 10^5$ ;

модуль пружності матеріалу першого фланця за [7]

при  $43,2^\circ\text{C} = (313,2\text{ K})$ , МПа,  $E_{\phi 1}$   $2 \cdot 10^5$ ;

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

модуль пружності матеріалу другого фланця за [7]

при  $43,2^{\circ}\text{C} = (313,2\text{ K})$  МПа,  $E_{\phi 2}$   $2 \cdot 10^5$ ;

Визначення коефіцієнт відносного лінійного розширення матеріалц фланців та болтів при розрахункових температурах:

коефіцієнт відносного лінійного розширення болтів за

таблицею 4 [7],  $K^{-1}, \alpha_{\text{б}}^t$   $1,12 \cdot 10^{-5}$ ;

коефіцієнт відносного лінійного розширення першого фланця за

таблицею 4 [7],  $K^{-1}, \alpha_{\phi 1}^t$   $1,66 \cdot 10^{-5}$ ;

коефіцієнт відносного лінійного розширення другого фланця за

таблицею 4 [7],  $K^{-1}, \alpha_{\phi 2}^t$   $1,66 \cdot 10^{-5}$ ;

Попередній розрахунок геометричних параметрів фланців:

За таблицею 2 ГОСТ 12820-80 вибираємо болти М12, тобто  $d_{\text{б}} = 0,012\text{ м}$ .

Середній діаметр прокладки за формулою:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{п}} - b = 0,08 - 0,016 = 0,064\text{ м}, \quad (4.1)$$

Приймаємо прокладку круглого перерізу  $0,012 \times 0,002\text{ м}$  з пароніту для тиску меншого за  $2,5\text{ МПа}$  і температури не більшої за  $+500^{\circ}\text{C} = (773\text{ K})$ .

Ефективна ширина прокладки при  $b = 0,012 \leq 0,015\text{ м}$  за формулою [7]:

$$b_{\text{Е}} = 0,06\sqrt{b} = 0,06 \cdot \sqrt{0,016} = 7,589 \cdot 10^{-3}\text{ м}. \quad (4.2)$$

Приймаємо за таблицею 21.9 [ГОСТ 12820-80]  $z_{\text{б}} = 4\text{ шт.}$

Розрахунок допоміжних величин

Конструктивний коефіцієнт для фланців за формулою:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\phi}}{D} = \frac{0,130}{0,048} = 2,71, \quad (4.3)$$

де:  $D$  – внутрішній діаметр фланця,  $D = 0,048\text{ м}$ .

Конструктивні коефіцієнти для фланців розраховуються за формулою:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_1}} = \frac{0,016}{\sqrt{0,048 \cdot 0,004}} = 1,155, \quad (4.4)$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_2}} = \frac{0,016}{\sqrt{0,048 \cdot 0,004}} = 1,155, \quad (4.5)$$

Поправочні коефіцієнти для фланців за формулою:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg K_{\phi} = 1,28 \cdot \lg 2,71 = 0,55, \quad (4.6)$$

$$\psi_{2\phi} = \frac{K_{\phi} + 1}{K_{\phi} - 1} = \frac{2,71 + 1}{2,71 - 1} = 2,171. \quad (4.7)$$

Поправочний коефіцієнт для перерізу  $S_1$  для плоских приварних фланців:

$$\psi_{3\phi} = 1. \quad (4.8)$$

Геометричні параметри фланців за формулою:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_1} = \frac{0,016}{0,004} = 4, \quad (4.9)$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_2} = \frac{0,016}{0,004} = 4. \quad (4.10)$$

Безрозмірні параметри фланців розраховується за формулами :

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg K_{\phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi}^2) \cdot (K_{\phi} - 1)} = \frac{2,71^2 \cdot (1 + 8,55 \lg 2,71) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 2,71^2) \cdot (2,71 - 1)} = 1,279, \quad (4.11)$$

$$\omega_{\phi 1} = (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 1}^2))^{-1} = (1 + 0,9 \cdot 1,155 (1 + 0,554 \cdot 4^2))^{-1} = 0,089, \quad (4.12)$$

$$\omega_{\phi 2} = (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 2}^2))^{-1} = (1 + 0,9 \cdot 1,155 (1 + 0,554 \cdot 4^2))^{-1} = 0,089. \quad (4.13)$$

Кутова піддатливість фланців за формулою:

$$y_{\phi 1} = \frac{(1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})) \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 \cdot E_{\phi 1}} = \frac{(1 - 0,089 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1,155)) \cdot 2,171}{0,016^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 2,169 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}}, \quad (4.14)$$

$$y_{\phi 2} = \frac{(1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})) \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi 2}} = \frac{(1 - 0,07 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1,155)) \cdot 2,171}{0,016^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 2,169 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}}. \quad (4.15)$$

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання за формулою:

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + s_{np} + 0,28d_B = 0,016 + 0,016 + 0,002 + 0,28 \cdot 0,012 = 0,037 \text{ м}, \quad (4.16)$$

Лінійна піддатливість неметалевої прокладки за формулою:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

$$y_n = \frac{s_{np}}{\pi \cdot D_{c.n.} \cdot b \cdot E_n} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 0,064 \cdot 0,016 \cdot 2000} = 3,108 \cdot 10^{-4} \frac{\text{М}}{\text{МН}}, \quad (4.17)$$

Площа поперечного перерізу болта за формулою:

$$f_b = 0,785 \cdot d_0^2 = 0,785 \cdot 0,00985^2 = 7,616 \cdot 10^{-5} \text{ м}, \quad (4.18)$$

де  $d_0$  – внутрішній діаметр різьби болта,  $d_0 = 0,00985 \text{ м}$ .

Лінійна піддатливість болтів за формулою:

$$y_b = \frac{L_b}{E_b \cdot f_b \cdot z_b} = \frac{0,037}{1,96 \cdot 10^5 \cdot 7,616 \cdot 10^{-5} \cdot 4} = 6,257 \cdot 10^{-4} \frac{\text{М}}{\text{МН}}, \quad (4.19)$$

Температура болтів за формулою:

$$t_b = 0,97 t_\phi = 0,96 \cdot 45 = 43,2^\circ \text{C} = (313,2 \text{ К}). \quad (4.20)$$

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання за формулою:

$$A_\phi = \left( y_n + y_b + 0,25 \cdot (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \cdot (D_b - D_{cn})^2 \right)^{-1}, \quad (4.21)$$

$$A_\phi = \left( 3,108 \cdot 10^{-4} + 6,257 \cdot 10^{-4} + 0,25(2,169 + 2,169)(0,100 - 0,064)^2 \right)^{-1} = 426,927. \quad (4.22)$$

Параметри жорсткості фланців розраховуються за формулою:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \cdot (D_b - D - S_1) = 2,169 \cdot (0,100 - 0,048 - 0,004) = 0,104 \frac{1}{\text{МН}}, \quad (4.23)$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \cdot (D_b - D - S_2) = 2,169 \cdot (0,100 - 0,048 - 0,004) = 0,104 \frac{1}{\text{МН}}. \quad (4.24)$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання за формулою:

$$\gamma = A_\phi \cdot y_b = 426,927 \cdot 6,257 \cdot 10^{-4} = 0,267. \quad (4.26)$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання за формулою:

$$\alpha_\phi = A_\phi \cdot \left( y_b + 0,25(B_{\phi 1} + B_{\phi 2})(D_b - D_{cn}) \right), \quad (4.27)$$

$$\alpha_\phi = 426,927 \cdot \left( 6,257 \cdot 10^{-4} + 0,25(0,104 + 0,104)(0,100 - 0,064) \right) = 1,067.$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання.

Рівнодіюча внутрішнього тиску розраховується за формулою за формулою:

$$Q_g = 0,785 \cdot D_{cn}^2 \cdot p = 0,785 \cdot 0,064^2 \cdot 0,6 = 1,929 \cdot 10^{-3} \text{ МН.} \quad (4.28)$$

Реакція прокладок в робочих умовах за формулою:

$$R_n = 2 \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_E \cdot m \cdot p = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,064 \cdot 0,007589 \cdot 2,5 \cdot 0,6 = 4,578 \cdot 10^{-3} \text{ МН.} \quad (4.29)$$

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання, МН за формулою:

$$Q_{t\phi} = \gamma \cdot z_B \cdot f_B \cdot E_B (a_{\phi}^t \cdot t_{\phi} - a_B^t \cdot t_B) \quad (4.30)$$

$$Q_{t\phi} = 0,267 \cdot 4 \cdot 7,616 \cdot 10^{-5} \cdot 1,96 \cdot 10^5 (1,66 \cdot 10^{-5} \cdot 43,2 - 1,12 \cdot 10^{-5} \cdot 42,75) = 3,801 \cdot 10^{-3} \text{ МН,}$$

де:

$$a_{\phi}^t = \frac{a_{\phi 1}^t + a_{\phi 2}^t}{2} = \frac{(1,66 + 1,66) \cdot 10^{-5}}{2} = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}, \quad (4.31)$$

де:  $a^t$  - коефіцієнт лінійного розширення фланців і болтів.

Монтажні болтові навантаження фланцевого з'єднання за формулою:

$$P'_{B1} = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_E \cdot q = 3,14 \cdot 0,064 \cdot 0,007589 \cdot 20 = 0,031 \text{ МН,} \quad (4.32)$$

$$P''_{B1} = \alpha_{\phi} \cdot Q_g + R_n = 1,067 \cdot (1,929 \cdot 10^{-3} + 0,09) + 0,0045 = 0,103 \text{ МН,} \quad (4.33)$$

$$P'''_{B1} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot z_B \cdot f_B = 0,4 \cdot 540 \cdot 4 \cdot 7,616 \cdot 10^{-5} = 0,066 \text{ МН.} \quad (4.34)$$

Розрахункове монтажне болтове навантаження при  $P \leq 0,6$  МПа за формулою:

$$P_{B1} = \max(P'_{B1}; P''_{B1}; P'''_{B1}) = \max(0,031; 0,103; 0,066) = 0,103 \text{ МН.} \quad (4.35)$$

Умова міцності для неметалевої прокладки за формулою:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

$$\frac{P_{Б1}}{\pi \cdot D_{сн} \cdot b} \leq [q], \quad (4.36)$$

$$\frac{0,103}{3,14 \cdot 0,064 \cdot 0,016} = 31,924 \leq 130.$$

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов за формулою:

$$P_{Б2} = P_{Б1} + (1 - \alpha_{\phi}) Q_g + Q_{тф} = 0,103 + (1 - 1,67) 1,929 \cdot 10^{-3} + 0,0038 = 0,1 \text{ МН}. \quad (4.37)$$

Розрахункове навантаження на болти за формулою:

$$P_{Бф} = \max(P_{Б1}; P_{Б2}) = \max(0,103; 0,1) = 0,103 \text{ МН}. \quad (4.38)$$

Напруження розтягування болтів за умов монтажу за формулою:

$$\sigma_{Б}^{20} = \frac{P_{Б1}}{z_{Б} \cdot f_{Б}} = \frac{0,103}{4 \cdot 7,616 \cdot 10^{-4}} = 337,102 \text{ МПа}. \quad (4.39)$$

Напруження розтягування болтів за робочих умов за формулою:

$$\sigma_{Б}^t = \frac{P_{Б2}}{z_{Б} \cdot f_{Б}} = \frac{0,1}{4 \cdot 7,616 \cdot 10^{-4}} = 329,257 \text{ МПа}. \quad (4.40)$$

Скручуючий момент, що виникає при затягуванні гайок за формулою:

$$M_{скр} = f_1 \frac{P_{Бф}}{z_{Б}} d_{Б} = 0,1 \cdot \frac{0,103}{4} 0,012 = 3,081 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}, \quad (4.41)$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя,  $f_1 = 0,1$ .

Дотичне напруження в болтах за формулою:

$$\tau_{Б} = \frac{M_{скр}}{0,2 \cdot d_0^3} = \frac{3,081 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,00985^3} = 161,193 \text{ МПа}, \quad (4.42)$$

де  $d_0$  – внутрішній діаметр різьби болтів,  $d_0 = 0.00985 \text{ м}$ .

Еквівалентні напруження в болтах за формулою:

$$\sigma_{БЕ}^{20} = \sqrt{(\sigma_{Б}^{20})^2 + 3 \cdot \tau_{Б}^2} = \sqrt{337,102^2 + 3 \cdot 161,193^2} = 437,707 \text{ МПа}, \quad (4.43)$$

$$\sigma_{БЕ}^t = \sqrt{(\sigma_{Б}^t)^2 + 3 \cdot \tau_{Б}^2} = \sqrt{329,258^2 + 3 \cdot 161,193^2} = 431,694 \text{ МПа}. \quad (4.44)$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

Умови міцності за формулою:

$$\sigma_{BE}^{20} \leq [\sigma_B]^{20}, \quad (4.45)$$

$$437,707 \leq 540,$$

$$\sigma_{BE}^t \leq [\sigma_B]^t, \quad (4.46)$$

$$431,694 \leq 500,$$

Умови міцності виконуються.

Розрахунок фланців на міцність

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за умов монтажу за формулою:

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot P_{B1} (D_B - D_{cn}) = 0,5 \cdot 0,103 \cdot (0,100 - 0,064) = 1,849 \cdot 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м}. \quad (4.47)$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов за формулою:

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot (P_{B2} (D_B - D_{cn}) + Q_g (D_{cn} - D - S_0)) \frac{[\sigma_\phi]^{20}}{[\sigma_\phi]^t}, \quad (4.48)$$

$$M_{02\phi} = 0,5 (0,1 (0,100 - 0,064) + 1,929 \cdot 10^{-3} (0,064 - 0,048 - 0,004)) \frac{520}{490} = 1,928 \cdot 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м},$$

$$\frac{[\sigma_\phi]^{20}}{[\sigma_\phi]^t} = \max \left( \frac{[\sigma_{\phi 1}]^{20}}{[\sigma_{\phi 1}]^t}; \frac{[\sigma_{\phi 2}]^{20}}{[\sigma_{\phi 2}]^t} \right) = \max \left( \frac{520}{490}; \frac{520}{490} \right) = \frac{520}{490}. \quad (4.49)$$

Розрахунковий приведений згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця за формулою:

$$M_{o\phi} = \max(M_{01}; M_{02}) = \max(1,849 \cdot 10^{-3}; 1,928 \cdot 10^{-3}) = 1,928 \cdot 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м}. \quad (4.50)$$

Максимальні напруження в перерізі фланців від дії згинаючого моменту  $M_{o\phi}$  за формулою:

$$\sigma_{o\phi 1} = \psi_3 \cdot \frac{T'_\phi \cdot M_{o\phi} \cdot \omega_{\phi 1}}{D_1 \cdot (S_1 - C)^2} = 1 \cdot \frac{1,279 \cdot 1,928 \cdot 10^{-3} \cdot 0,088}{0,048 \cdot (0,004 - 0,00046)^2} = 364,575 \text{ МПа}, \quad (4.51)$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дат		

$$\sigma_{\phi 2} = \psi_3 \cdot \frac{T'_\phi \cdot M_{\phi} \cdot \omega_{\phi 2}}{D_2 \cdot (S_2 - C)^2} = 1 \cdot \frac{1,279 \cdot 1,928 \cdot 10^{-3} \cdot 0,088}{0,048 \cdot (0,004 - 0,00046)^2} = 364,575 \text{ МПа.} \quad (4.52)$$

Кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту  $M_{\phi}$  за формулою:

$$\sigma_{\kappa \phi 1} = \frac{M_{\phi} (1 - \omega_{\phi 1} (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})) \psi_{2\phi}}{D_1 \cdot h_{\phi 1}^2} = \frac{1,929 \cdot 10^{-3} (1 - 0,088 (1 + 0,9 \cdot 1,155)) \cdot 2,059}{0,048 \cdot 0,016^2} = 278,9 \text{ МПа,} \quad (4.53)$$

$$\sigma_{\kappa \phi 2} = \frac{M_{\phi} (1 - \omega_{\phi 2} (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})) \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 2}^2} = \frac{1,929 \cdot 10^{-3} (1 - 0,088 (1 + 0,9 \cdot 1,155)) \cdot 2,059}{0,048 \cdot 0,016^2} = 278,9 \text{ МПа.} \quad (4.54)$$

Кільцеве і меридіальне напруження у втулці фланця від дії внутрішнього тиску за формулою:

$$\sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} = \frac{P \cdot D_1}{2 \cdot (S_1 - C)} = \frac{0,6 \cdot 0,048}{2 \cdot (0,004 - 0,00046)} = 4,068 \text{ МПа,} \quad (4.55)$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{P \cdot D_1}{4 \cdot (S_1 - C)} = \frac{0,6 \cdot 0,048}{4 \cdot (0,004 - 0,00046)} = 2,034 \text{ МПа.} \quad (4.56)$$

Еквівалентні напруження в перерізі втулки фланця за формулою:

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(\sigma_{\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1}}, \quad (4.57)$$

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(364,575 + 2,034)^2 + 4,067^2 - (364,575 + 2,034) \cdot 4,068} = 364,592 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(\sigma_{\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2}}, \quad (4.58)$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(364,575 + 2,034)^2 + 4,067^2 - (293,412 + 2,034) \cdot 4,068} = 364,592 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умови міцності за формулою:

$$\sigma_{E\phi 1} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_0}] \varphi, \quad (4.59)$$

$$\sigma_{E\phi 2} \leq [\sigma_{\phi 2}^{S_0}] \varphi, \quad (4.60)$$

$$364,592 \leq 540,$$

$$364,592 \leq 540,$$

де:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		



$$[\sigma_{\phi 1}^{S_o}] = 0.003 \cdot E_{\phi 1}^t = 0.003 \cdot E_{\phi 1}^t = 0.003 \cdot 2 \cdot 10^5 = 600 \text{ МПа}, \quad (4.61)$$

$$[\sigma_{\phi 1}^{S_o}] \cdot \varphi = 6000,9 = 540 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_{\phi 2}^{S_o}] \cdot \varphi = 6000,9 = 540 \text{ МПа}.$$

Умови міцності виконуються.

Перевіряємо виконання умов герметичності за формулою:

$$\frac{\sigma_{\kappa \phi 1} \cdot D_1}{h_{\phi 1} \cdot E_{\phi 1}} = \frac{278,89 \cdot 0,048}{0,016 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,00418 \leq [\theta] = 0,009, \quad (4.62)$$

$$\frac{\sigma_{\kappa \phi 2} \cdot D}{h_{\phi 2} \cdot E_{\phi 2}} = \frac{278,89 \cdot 0,048}{0,016 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,00418 \leq [\theta] = 0,009, \quad (4.63)$$

де: при  $D \leq 2m$   $[\theta] = 0,009$  рад.

Умови герметичності виконуються.

Висновок: діючі напруження в фланцевому з'єднанні не перевищують допустимі напруження матеріалу фланців.

Приймаємо стандартні фланці за ГОСТ 12820-80:

зовнішній діаметр, м, $D_{\phi}$	0,130;
діаметр болтового кола, м, $D_b$	0,100;
товщина фланця, м, $h_{\phi 1}$	0,016;
товщина фланця, м, $h_{\phi 2}$	0,016;
кількість болтів, шт., $Z_b$	4;
діаметр болтів, м, $d_b$	0,012.

#### 4.5 Розрахунок опор на міцність

Метою розрахунку є перевірочний розрахунок опори на міцність, визначення навантажень, які діють на опору.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

Розрахункова схема опор зображена на рисунку 4.7.

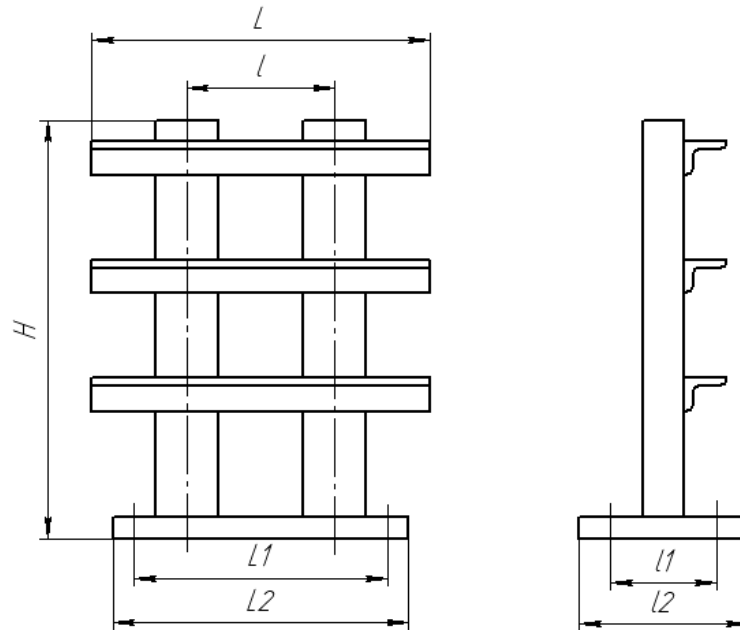


Рисунок 4.7 – Схема опори

Для встановлення теплообмінних апаратів типу «труба в трубі» на робочому місці застосовують етажерні опори. Опора для даного теплообмінника представляє собою зварну жорстку конструкцію з профільного сортаменту: кутиків як підтримуючої опори та швелерів як несучої опори.

Для того, щоб вибрати необхідний номер профілю, потрібно розрахувати масу всього апарату.

Визначимо масу одного елементу. Для цього визначаємо об'єм рідини, що знаходиться в трубах та об'єм матеріалу, що містить конструкція даного елементу.

Для внутрішньої труби:

$$V_{\text{вн}}^{\text{рід}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2 \cdot H}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,04^2 \cdot 6,255}{4} = 7,856 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3,$$

де  $D_{\text{вн}}$  - внутрішній діаметр внутрішньої труби теплообмінника, м;

$H$  - довжина труби, м.

$$V_{\text{вн}}^{\text{ст}} = \pi \cdot (D_{\text{зов}} - S) \cdot S \cdot H = 3,14 \cdot (0,048 - 0,004) \cdot 0,004 \cdot 6,255 = 3,457 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3,$$

де  $D_{\text{зов}}$  - зовнішній діаметр внутрішньої труби теплообмінника, м;

$S$  - товщина стінки внутрішньої труби, м.

Тоді маса внутрішньої труби теплообмінника:

$$m_{\text{вн.тр.}} = m_{\text{вн}}^{\text{pid}} + m_{\text{вн}}^{\text{ст}} + 2 \cdot m_{\text{ф1}} = 8,422 + 27,379 + 2 \cdot 1,21 = 38,221 \text{ кг},$$

де  $m_{\text{вн}}^{\text{pid}} = V_{\text{вн}}^{\text{pid}} \cdot \rho_2 = 7,856 \cdot 10^{-3} \cdot 1040 = 8,422 \text{ кг}$  – маса рідини, що знаходиться в трубі,

$m_{\text{вн}}^{\text{ст}} = V_{\text{вн}}^{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{ст}} = 3,457 \cdot 10^{-3} \cdot 7920 = 27,379 \text{ кг}$  – маса сталі, з якої виготовлена труба,

$m_{\text{ф1}} = 1,21 \text{ кг}$  – маса фланця який приварений на внутрішній трубі,

де  $\rho_{\text{ст}} = 7920 \text{ кг/м}^3$  – густина сталі 12Х18Н10Т.

Для зовнішньої труби:

$$V_{\text{зов}}^{\text{pid}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{екв}}^2 \cdot H}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,02^2 \cdot 6}{4} = 1,884 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3,$$

де  $D_{\text{екв}} = D_{\text{зов}} - D_{\text{вн}} = 0,068 - 0,048 = 0,02 \text{ м};$

$H$  - довжина труби, м.

$$V_{\text{зов}}^{\text{ст}} = \pi \cdot (D_{\text{зов}} - S) \cdot S \cdot H = 3,14 \cdot (0,076 - 0,004) \cdot 0,004 \cdot 6 = 5,577 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3,$$

де  $D_{\text{зов}}$  - зовнішній діаметр зовнішньої труби теплообмінника, м;

$S$  - товщина стінки зовнішньої труби, м.

Тоді маса зовнішньої труби теплообмінника:

$$m_{\text{зов.тр.}} = m_{\text{зов}}^{\text{pid}} + m_{\text{зов}}^{\text{ст}} = 1,837 + 44,17 = 46,007 \text{ кг},$$

де  $m_{\text{зов}}^{\text{pid}} = V_{\text{зов}}^{\text{pid}} \cdot \rho_1 = 1,884 \cdot 10^{-3} \cdot 974,8 = 1,837 \text{ кг}$  – маса рідини, що знаходиться в трубі;

$m_{\text{зов}}^{\text{ст}} = V_{\text{зов}}^{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{ст}} = 5,577 \cdot 10^{-3} \cdot 7920 = 44,17 \text{ кг}$  – маса сталі, з якої виготовлена труба.

Для патрубку який приварений на зовнішній трубі:

$$V_{\text{пат}}^{\text{pid}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2 \cdot H}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,05^2 \cdot 0,085}{4} = 1,068 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

де  $D_{вн}$  - внутрішній діаметр патрубку, м;

$H$  - довжина патрубку, м.

$$V_{пат}^{cm} = \pi \cdot (D_{зов} - S) \cdot S \cdot H = 3,14 \cdot (0,058 - 0,004) \cdot 0,004 \cdot 0,085 = 5,765 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3,$$

де  $D_{зов}$  - зовнішній діаметр патрубку, м;

$S$  - товщина стінки патрубку, м.

Тоді маса патрубку:

$$m_{пат} = m_{пат}^{pid} + m_{пат}^{cm} + m_{ф2} = 0,104 + 0,457 + 1,31 = 1,871 \text{ кг},$$

де  $m_{пат}^{pid} = V_{пат}^{pid} \cdot \rho_1 = 1,068 \cdot 10^{-4} \cdot 974,8 = 0,104 \text{ кг}$  – маса рідини, що знаходиться в патрубку,

$m_{пат}^{cm} = V_{пат}^{cm} \cdot \rho_{ст} = 5,765 \cdot 10^{-5} \cdot 7920 = 0,457 \text{ кг}$  – маса сталі, з якої виготовлений патрубок,

$m_{ф2} = 1,31 \text{ кг}$  – маса фланця який приварений на патрубок,

де  $\rho_{ст} = 7920 \text{ кг/м}^3$  – густина сталі 12Х18Н10Т.

Маса одного елементу теплообмінника:

$$m_{ел} = m_{вн.тр.} + m_{зов.тр.} + 2 \cdot m_{пат} = 38,221 + 46,007 + 2 \cdot 1,871 = 87,97 \text{ кг}.$$

Необхідно визначити масу калача, що з'єднує елементи між собою. Об'єм рідини, що знаходиться в калачі під час роботи:

$$V_{к}^{pid} = \frac{\pi \cdot D_{к}^2 \cdot l}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,04^2 \cdot 0,372}{4} = 4,672 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

де  $D_{к}$  - внутрішній діаметр труби калача теплообмінника, м;

$l$  - довжина труби калача, м.

$$V_{к}^{cm} = \pi \cdot (D_{зовк} - S_{к}) \cdot S_{к} \cdot l = 3,14 \cdot (0,048 - 0,004) \cdot 0,004 \cdot 0,372 = 2,056 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

де  $D_{зовк}$  - зовнішній діаметр труби калача теплообмінника, м;

$S_{к}$  - товщина стінки калача, м.

Тоді маса калача:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

$$m_k = m_k^{pid} + m_k^{cm} + 2 \cdot m_{\phi 1} = 0,501 + 1,628 + 2 \cdot 1,21 = 4,549 \text{ кг},$$

де  $m_k^{pid} = V_k^{pid} \cdot \rho_2 = 4,672 \cdot 10^{-4} \cdot 1072 = 0,501 \text{ кг}$  – маса рідини, що знаходиться в калачі,

$m_k^{cm} = V_k^{cm} \cdot \rho_{cm} = 2,056 \cdot 10^{-4} \cdot 7920 = 1,628 \text{ кг}$  – маса сталі, з якої виготовлена труба,

$m_{\phi 1} = 1,21 \text{ кг}$  – маса фланця який приварений на калачі,

де  $\rho_{cm} = 7920 \text{ кг/м}^3$  – густина сталі 12Х18Н10Т.

Необхідно підібрати потрібний розмір профілю опорної балки. Розрахункова схема навантаження зображена на рисунку 4.8.

На одну опору діє навантаження  $P = \frac{m_{an}}{2} = \frac{87,97}{2} = 43,985 \text{ кг} = 431,493 \text{ Н}$ , оскільки кожна труба розміщена на двох опорних балках.

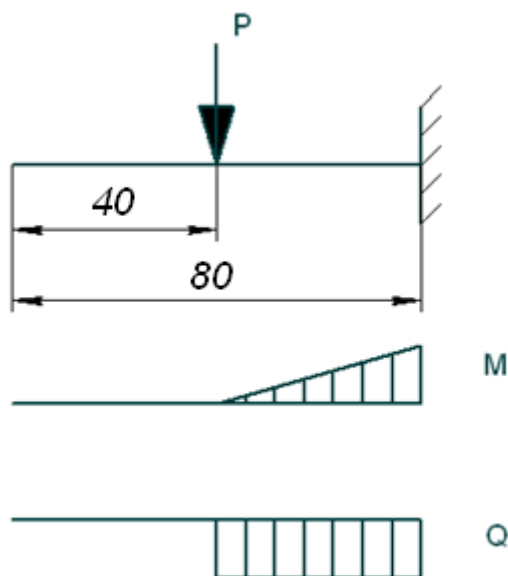


Рисунок 4.8 – Схема навантаження опори.

Максимальний вигинаючий момент:

$$M_{\max} = \frac{P \cdot l}{2} = \frac{431,493 \cdot 0,8}{2} = 172,597 \text{ Н·м}.$$

Умова міцності:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma] = 160 \text{ МПа.}$$

Звідси величина моменту опору:

$$W_{\text{розрах}} = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\max}} = \frac{172,597}{160 \cdot 10^6} = 1,079 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Із таблиці сортаменту кутиків вибираємо профіль кутика який задовольняє розрахункове значення моменту опору  $W$ .

Отримуємо: Кутик № 35

Основні розміри  $35 \times 35 \times 4$ .

$W = 1,21 \text{ см}^3$ ;  $F = 2,67 \text{ см}^2$ ;  $m = 2,10 \text{ кг}$  – маса профілю за 1 погонний метр.

Для того, щоб розрахувати масу всієї конструкції, що здійснює навантаження на нижній переріз швелерів, задаємо номер профілю керуючись конструктивними міркуваннями. Приймаємо швелер № 10 П:  $m = 8,59 \text{ кг}$  за 1 погонний метр, площа перерізу  $F = 10,9 \text{ см}^2$ .

Тоді маса чотирьох балок довжиною 1,67 м:

$$m_{\text{ув}} = 4 \cdot 1,67 \cdot m = 4 \cdot 1,67 \cdot 8,59 = 57,381 \text{ кг.}$$

Маса 8 балок кутового профілю довжиною 0,73 м :

$$m_{\text{кут}} = 8 \cdot m = 12 \cdot 0,73 \cdot 2,42 = 21,199 \text{ кг.}$$

Маса 16 елементів теплообмінника «труба в трубі»:

$$m_{\text{ан}} = 24 \cdot m_{\text{ел}} = 16 \cdot 87,97 = 1407,11 \text{ кг.}$$

Маса 6 калачів, що з'єднують теплообмінні елементи:

$$m_{\text{кзг}} = 12 \cdot m_{\text{к}} = 6 \cdot 4,549 = 27,294 \text{ кг.}$$

Тоді маса всієї конструкції:

$$m_{\text{конс}} = m_{\text{ан}} + m_{\text{кут}} + m_{\text{ув}} + m_{\text{кзг}} = 1407,11 + 21,199 + 57,381 + 27,294 = 1513 \text{ кг.}$$

Зусилля, що діє на одну опору:

$$P = \frac{m_{\text{конс}}}{4} = \frac{1513}{4} = 378,25 \text{ кг} = 378,25 \cdot 9,81 = 3710,63 \text{ Н.}$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Умова міцності:

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma] = 160 \text{ МПа};$$

$$\frac{P}{F} = \frac{3710,63}{10,9 \cdot 10^{-4}} = 3404250 \text{ Па} = 3,40 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 160 \text{ МПа}.$$

Висновок: умова міцності виконується, отже приймаємо швелер №10.

#### 4.6 Розрахунок основних параметрів робочих органів дробарки

##### Розрахунок основних параметрів робочих органів дробарки.

Вихідні дані:

продуктивність, т/год, Q	5000
мінімальний діаметр вхідного продукту, м, $d_{min}$	0,006
крупність готового продукту, м, $d_{prod}$	0,003
відстань між валками, м, b	0,003
кут захоплення, град, $\alpha$	35
ступінь подрібнення, м	2
матеріал для подрібнення	м'який

Розрахунок здійснюємо згідно методики, наведеної в [28].

На рис.4.9 наведено схему приводів вальців.

Основні фактори, що впливають на процес подрібнення зернових культур в дробарках, - це структурно- механічні та технологічні властивості зерна, а також кінематичні та геометричні параметри працюючих валків та навантаження на машину.

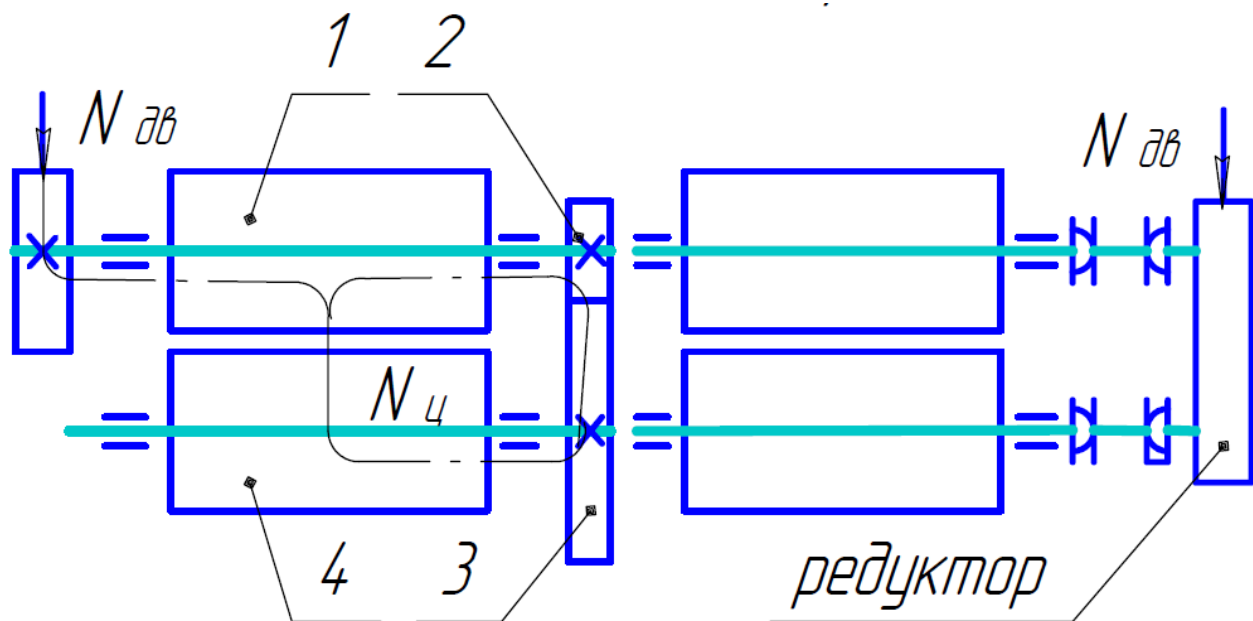


Рис.4.9 Схема привода вальців

До кінематичних параметрів відносять швидкості обертання валків  $V_6$  та  $V_m$ , і співвідношення швидкостей:

$$K = \frac{V_6}{V_m}$$

При дробінні зернових культур для сусла, приймаємо  $V_m = 2,2$  м/с та  $V_6 = 2,5$  м/с, тоді

$$K = \frac{V_6}{V_m} = \frac{2,5}{2,2} = 1,1.$$

Швидкість обробки продукту в робочій зоні валків знаходимо за формулою:

$$V_3 = \frac{V_m + V_6}{2} * \cos \alpha = \frac{2,2 + 2,5}{2} * 0,8192 = 2,38 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Продуктивність пари валків визначаємо за формулою:

$$Q = 3600 * b * L_p * \rho * V_3 * k_1$$

де  $b$ - проміжок між валками, м

$L_p$ - робоча довжина валків, м

$\rho$ - об'ємна маса подрібнюваного продукту, кг/м<sup>3</sup>

$V_3$  – швидкість обробки продукту в проміжку між валками, м/с



$k_1$ - коефіцієнт корисного використання зони подрібнення, який завжди менше 1, ( $k_1 = 0,2 \dots 0,3$ ).

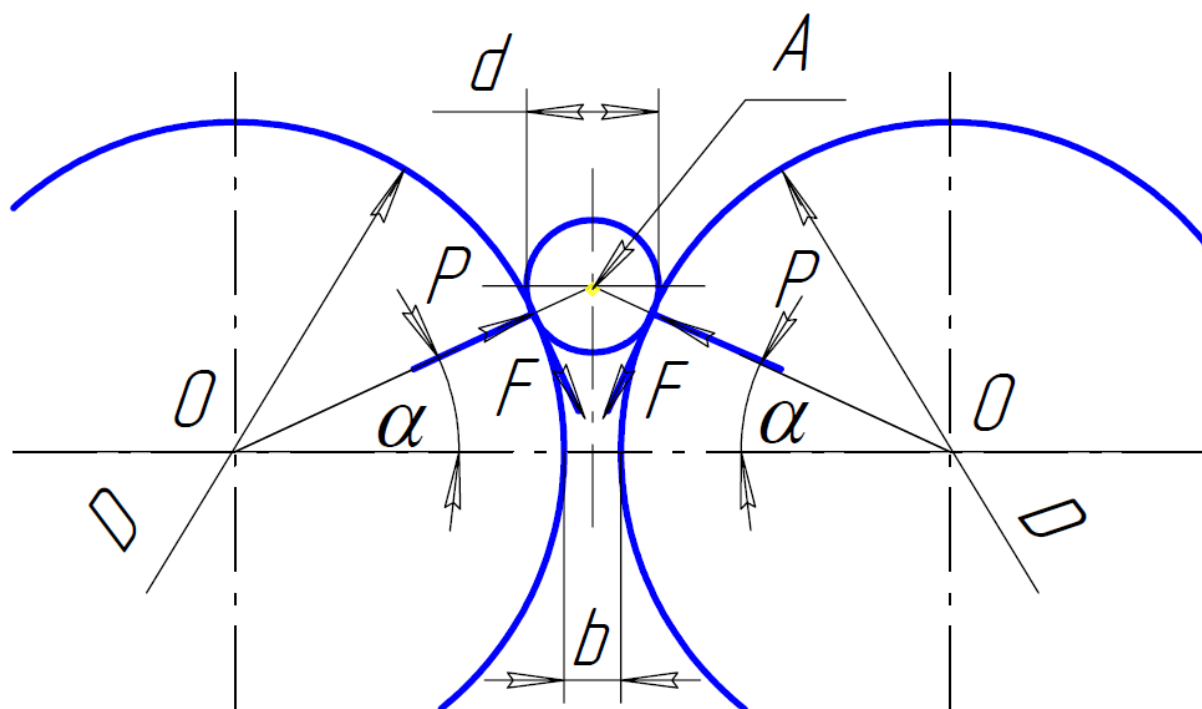


Рис.4.10 Схема для знаходження діаметру валка

Діаметр валка визначається з умови затягування частинки матеріалу в проміжок між валками. Частинка, що знаходиться між гладкими валками, які обертаються з однаковою швидкістю, буде затягуватися силами тертя  $F$  в проміжок між валками (рис. ). Не деформувавшись, частинка не може зайти в нього, тому зі сторони валків вона отримує силу  $P$ .

Якщо різниця вертикальних складових буде направлена до низу(в сторону проміжку), то частинка, роздроблюючись потрапляє в зазор.

Необхідною умовою роботи валкової дробарки є нерівність:

$$2 * P * \sin \alpha > 2 * P * \cos \alpha ,$$

звідки

$$\operatorname{tg} \alpha < f = \operatorname{tg} \varphi ;$$

$$\alpha < \varphi ,$$

$$35 < 75,$$

де  $\varphi = 75$  - кут тертя частинки о поверхню валків, [28].

Умова виконується.

$$D + b = D * \cos\alpha + d * \cos\alpha.$$

Звідки

$$D = \frac{(d * \cos\alpha - b)}{(1 - \cos\alpha)} = \frac{(0,006 * 0.8192 - 0.003)}{(1 - 0.8192)} = 0.216 \text{ m},$$

де D – діаметр валка,

d – діаметр частинки продукту,

b – зазор між валками.

Практичний діаметр валків приймаємо в 1,5 – 2 рази більшим, чим при розрахунку. Це пояснюється необхідністю надання валкам достатньої жорсткості та отримання достатнього махового моменту.

Довжина одного робочого валка:

$$L_p = \frac{Q_v}{3600 * b * \rho * V_3 * k_1} = \frac{2500}{3600 * 0,003 * 2,38 * 730 * 0,2} = 0,787$$

де

$$Q_v = \frac{Q}{2} = \frac{5000}{2} = 2500 \text{ кг}$$

$\rho = 730$ , - об'ємна маса подрібнюваного продукту,  $\text{кг/м}^3$

Приймаємо робочу довжину валків  $L_p = 900 \text{ мм} = 0,9 \text{ м}$ .

За вимогами технології подрібнення величина робочого прогину валка у не повинна перевищувати допустимий прогин  $y=0,01 \text{ мм}$ . При більшому значенні допустимого прогину ефективне подрібнення буде проходити тільки по краях проміжку між валками.

Величина робочого прогину у (см) знаходимо по формулі:

$$y = \frac{5 * q * L^4}{384 * E * J}$$

де q = 30 – питоме навантаження ,  $\text{кг*Н/см}$ ,

L – відстань між опорами, см

$$L = L_p + 2 * \Delta L = 60 + 2 * 6 = 72 \text{ см}$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

$\Delta L = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м}$  – відстань від торця до середини підшипникового вузла,

$E$  – модуль пружності матеріалу валка, приймаємо чавун,  $E = 1,6 \cdot 10^6$

$J$  – момент інерції перетину валків,  $\text{м}^4$ .

$$J = \frac{\pi * D^4}{64} = \frac{3.14 * 0.4^4}{64} = 0.00125$$

Маємо:

$$y = \frac{5 * q * L^4}{384 * E * J} = \frac{5 * 30 * 0,72^4}{384 * 1,6 * 10^6 * 0,00125} = 0,000052 < [y] = 0.001 \text{ см.}$$

Умова виконується, жорсткість валків забезпечена.

Потужність, необхідну для привода валків  $N$  (кВт) визначаємо за формулою:

$$N = 17 * L_p * D * n * \left( \frac{d_{\text{п}}}{0.02} + \frac{D^2}{2.4} \right)$$

де  $L_p$  – робоча довжина валків, м;

$D$  – діаметр валка, м;

$n$  – частота обертання валків,  $\text{с}^{-1}$ ;

$d_{\text{п}}$  – діаметр початкового продукту, м.

Частота обертання валків розраховується за формулою:

$$n = \frac{V_6}{\pi * D} = \frac{2.5}{3.14 * 0.4} = 1.326$$

Тоді

$$\begin{aligned} N &= 17 * L_p * D * n * \left( \frac{d_{\text{п}}}{0.02} + \frac{D^2}{2.4} \right) = 17 * 0,9 * 0,4 * 1,326 * \left( \frac{0,006}{0,02} + \frac{0,4^2}{2,4} \right) \\ &= 12,753, \end{aligned}$$

Крутний момент  $M_{\text{к}}$  ( $\text{Н} \cdot \text{м}$ ) на валу валків розраховуємо за формулою:

$$M_{\text{к}} = \frac{N_{\text{ц}} * 1000}{2 * \pi * n} = \frac{0.9915 * 1000}{2 * 3.14 * 1.326} = 119.17 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

де  $N_{\text{ц}} = (0,5 \dots 0,6) * N = 0,5 * 12,753 = 6,9915$  кВт, - циркуляційна потужність.

Валки працюють в умовах важкого навантаження, обумовленого дією контактних навантажень, вигинаючих та крутних моментів. Розрахункова схема валків (рис. 4.11) може бути представлена у вигляді балки на двох опорах, яка рівномірно розподіляє навантаження від сили взаємодії з оброблюваним продуктом і ваги, а також сконцентрованими силами та моментами, прикладеними в місцях кріплення зубчатих коліс.

Валок з запресованими осями можна розглядати як одне тіло, оскільки експериментально було доказано, що навіть при навантаженнях, перевищуючих несучу спроможність валків, міцне з'єднання осей з гільзою не порушується.

На швидкохідний валок діють наступні сили:

$T$  – окружна складова сили взаємодії валка з продуктом;

$R$  – радіальна складова сили взаємодії валка з продуктом (під кутом  $B$ );

$G_{\beta}$  – сила тяжіння валка;

$G_k$  та  $G_{\text{ш}}$  – сили тяжіння зубчатого колеса та шківу;

$Q$  – сила натягу ремня (під кутом  $\zeta$ );

$P_0$  – окружне навантаження в зубчатій міжвалковій передачі;

$P_r$  – радіальне зусилля в зубчатій передачі

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

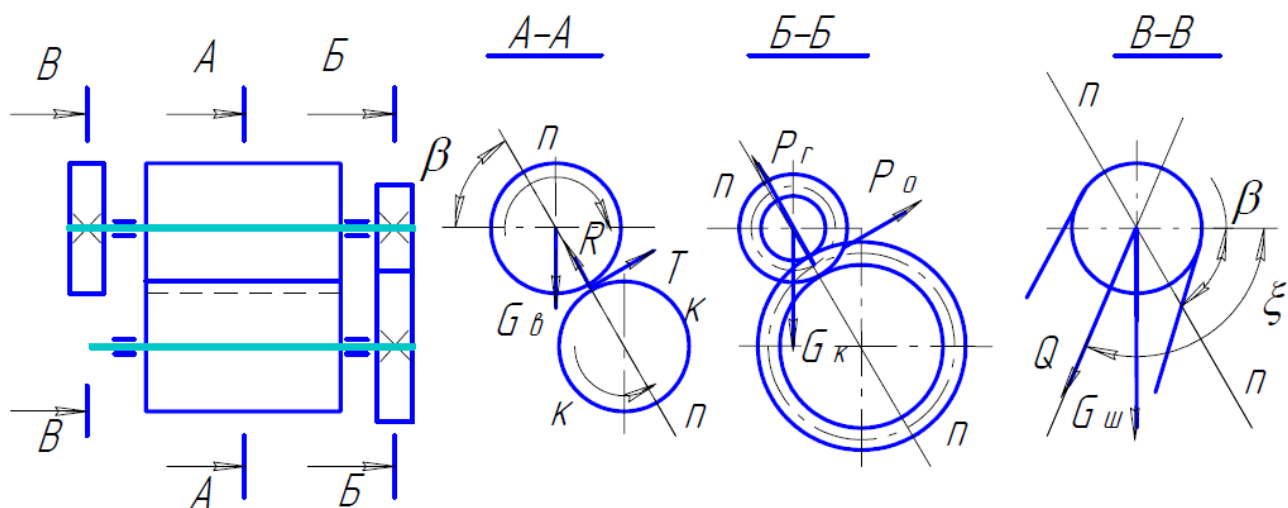


Рис. 4.11 Схема діючих сил в валковій дробарці

Сили  $T$  і  $R$  (Н) визначаються з технологічного розрахунку по формулам:

$$T = q * L_p * \cos \beta = 300 * 90 * 0.707 = 12726 \text{ Н}$$

$$R = q * L_p * \sin \beta = 300 * 90 * 0.707 = 12726 \text{ Н},$$

де  $q = 300 \text{ Н/см}$  – рівномірно розподілене навантаження в міжвалковому проміжку ;

$L_p$  – робоча довжина валків, см;

$\beta = 45$  – кут нахилу вісі валків, град.

Сили  $G_\beta$ ,  $G_k$  та  $G_{ш}$  – знаходяться по проектним даним або за результатами зважування.

Циліндричне напруження  $P_0$  (Н) знаходимо по формулі:

$$P_0 = \frac{1000 * N_{ц}}{\pi * d_d * n} = \frac{1000 * 6.9915}{3.14 * 0.37 * 1.326} = 643.83 \text{ Н},$$

де  $d_d$  – діаметр ділильної окружності, м ;

$n$  – частота обертання ведучого колеса,  $\text{с}^{-1}$ .

Радіальне напруження  $P_r$  (Н) визначаємо з формули:

$$P_r = P_0 * \tan \alpha_d = 643.83 * \tan 35 = 305.056 \text{ Н},$$

де  $\alpha_d = 35$  – кут зацеплення, град.

Сила від натягу ремня передачі  $Q$  (Н) розраховується за формулою, а саме:

$$Q \approx 3 * \sigma_0 * F * \cos 0.5\gamma = 3 * 1.2 * 0.11 * 0.980 = 0.388 \text{ Н},$$

де  $\sigma_0 = 1,2$  МПа – напруження від попереднього натягу ремня для клиноременних передач;

$F$  – площа поперечного перерізу ремня;

$\gamma$  – кут між ведучою і ведомою гілками ремня.

Всі сили проектують на напрямі вісей  $n - n$  і  $k - k$  та визначають складові опорних реакцій по напрямам  $A_n, A_k, B_n, B_k$ . По цим даним будуються епюри згинаючих моментів, а також епюру сумарного згинаючого моменту, який визначається за формулою:

$$M = \sqrt{M_n^2 + M_k^2} = \sqrt{97.165^2 + 119.17^2} = 153.761.$$

Епюра крутних моментів будується на припущенні, що на робочій довжині валка крутний момент змінюється по лінійному закону.

Напруження від згину максимально в тому місці робочої частини валка, де діє максимальний згинаючий момент.

Ці напруження розраховуються по формулі:

$$\sigma_u = \frac{32 * D * M_{max}}{\pi * (D^4 - d_B^4)} = \frac{32 * 0,4 * 153,761}{3,14 * (0,0256 - 0,0231)} = 98718$$

де  $d_B = 390$  мм, - діаметр пустотілого валка.

Для випадку, коли довжина робочої частини валка  $L_p$  та його діаметра  $D$  близькі, то в формулу вводять поправочний коефіцієнт.

Напруження згину обчислюють за формулою:

$$\sigma_{max} = \sigma_u * f * \left(\frac{L_p}{D}\right) = 98718 * 1,82 = 178238,676.$$

де  $f * \left(\frac{L_p}{D}\right) = 1,82$  – значення поправочного коефіцієнта, згідно з [28].

Згідно [28], умови міцності виконуються.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Дотичні напруження визначаємо за формулою:

$$\tau_{max} = \frac{16 * D * M_{kr}}{\pi * (D^4 - d_B^4)}.$$

Умови втомної міцності визначаються за формулою:

$$n_{-1} = \frac{\varepsilon_n * \varepsilon_\sigma * \sigma_{-1}}{\sigma_{max}} > [n_{-1}],$$

$$n_B = \frac{\sigma_B}{\sqrt{(\sigma_{max}^2 + 4 * \tau^2)}} \geq [n_B],$$

де  $\varepsilon_n$  – коефіцієнт стану поверхні (для гладких валів  $\varepsilon_n = 1$ );

$\varepsilon_\sigma$  – масштабний фактор;

$\sigma_{-1}$  – границя міцності матеріалу валка.

Допустимі значення запасу міцності складають:

- по втомі  $n_{-1} = 2 - 3$ ;
- статичне  $n_B = 5$ .

Частіше всього валки виготовляють з спеціального чавуну литтям в металічні форми. У таких валків поверхневий шар складається з відбіленого чавуну глибиною 20...25 мм та твердістю HB 370-450.

Валкові пристрої забезпечують механізмами подачі та очистки поверхні валків. Механізм подачі повинен забезпечувати регульовану та рівномірну по всій довжині подачу заданої кількості продукту. В сучасному світі частіше всього застосовують двухвалковий механізм для подачі (рис. 4.12 ), верхній живлячий валок називають дозованим, а нижній – розподільний.

Механізм живлення повинен подавати продукт в зону подрібнення з швидкістю рівною або близькою до швидкості повільно- обертаючого валка.

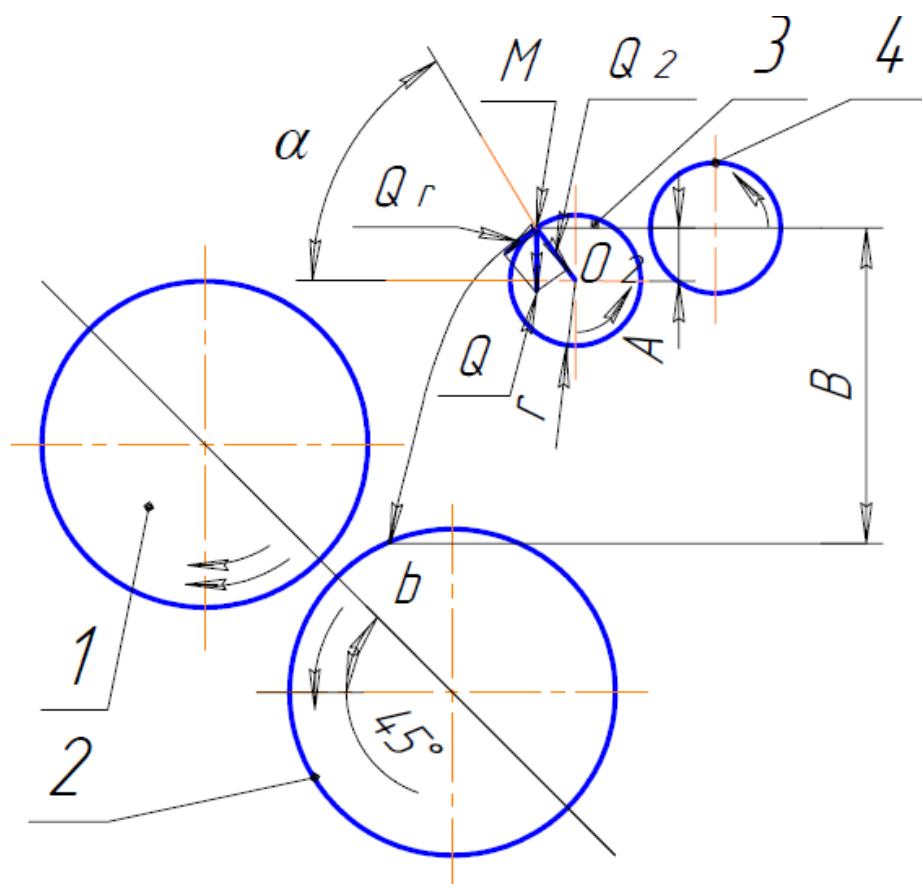


Рис. 4.12 Механізм дії валків:

1- швидкообертаючий валок; 2-«повільний» валок; 3 – розподільчий валок;  
4 – дозувальний валок;

М – точка відриву частинки від розподільчого валка; А – відстань, від горизонтального діаметру валка до точки відриву; В – висота падіння частинки; r – радіус розподільчого валка; b – точка дотику частинки повільного валку; Q – сила тяжіння частинки.

Швидкість подачі частинок продукту  $V_k$  (м/с) можна визначити за формулою:

$$V_k = V_0 + \sqrt{2 * g * B}$$

де В – висота падіння частинки, м;

$$B = \frac{(V_k - V_0)^2}{2 * g} = \frac{(2.5 - 1.4)^2}{2 * 9.81} = 0.0616 \text{ м.}$$

Приймаємо висоту падіння частинки  $B=0,1=100$  мм.

Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат



$V_0$  – колова швидкість розподільного живлячого валка, м/с.

Максимальну колову швидкість розподільного живлячого валка розраховують за формулою:

$$V_0 = \sqrt{g * r},$$

де  $r$  – відстань від точки падіння частинки до осі обертання розподільного валка:

$$r = 0,5 * D = 0,5 * 0,9 = 0,45 \text{ м.}$$

Тоді

$$V_0 = \sqrt{g * r} = \sqrt{9,81 * 0,45} = 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Швидкість подачі частинок продукту  $V_k$  (м/с) :

Перевірка:

$$V_k = V_0 + \sqrt{2 * g * B} = 1,4 + \sqrt{2 * 9,81 * 0,0616} = 2,499$$

Для розробки кінематичної схеми привода валків необхідно розрахувати загальне передаточне число, яке розраховується по формулі:

$$i = \frac{n_{dv}}{n} = \frac{1500}{199,5} = 7,51,$$

де  $n_{dv} = 1500 \text{ хв}^{-1}$  – частота обертання двигуна.

Загальний коефіцієнт корисної дії складається з усіх передаточних чисел привода і розраховується за формулою:

$$\eta = \eta_1 * \dots * \eta_n.$$

Потужність двигуна  $N_{пр}$  (кВт) визначаємо за формулою:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta_n}$$

де  $\eta_n = 0,95$  – ККД ремінної передачі.

Маємо:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк. 73
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta_n} = \frac{12,753}{0,95} = 12,08 \text{ кВт.}$$

Вибираємо для привода за [28] електродвигун 4A132S4Y3 ГОСТ 19523-74 з  $n_{\text{е.д.}} = 1500 \text{ хв}^{-1}$  та  $N_{\text{е.д.}} = 22 \text{ кВт.}$

Висновок: отже після проведення розрахунків були отриманні дані для дробарки, які задовільняють потреби виробництва, а саме ступінь подрібнення 4, діаметр вихідного продукту становить 0,003 м, діаметр валків складає 400 мм, довжина валків 700 мм. Для стабільної роботи вибрано двигун з силовим запасом потужністю  $N_{\text{е.д.}} = 22 \text{ кВт.}$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

## 5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Відповідно до закону України про охорону праці від 20.04.92 для працюючого обслуговуючого персоналу на підприємстві потрібно розробити безпечні умови праці на цих підприємствах.

До них входять раціональне використання площі виробничих приміщень та місць розташування обладнання, вірну експлуатацію обладнання і організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання в виробничих приміщеннях, місцях розташування обладнання та на робочих місцях санітарно-гігієнічних норм та правил.

Згідно теми дипломного проекту «Модернізація лінії виробництва пива з розробкою теплообмінника типу «труба в трубі» та дробарки», розглянемо те, що під час функціонування лінії виникають шкідливі фактори для здоров'я людини, тож необхідно встановити норми, виконання яких забезпечить високий рівень захисту життя людини.

Дане обладнання обслуговує оператор, який виконує свої робочі обов'язки в окремому приміщенні площею  $S = 10 \text{ м}^2$   $V = 180 \text{ м}^3$ .

При роботі лінії з виробництва пива будуть наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- електробезпека;
- параметри повітря робочої зони;
- виробничий шум;
- промислове освітлення;
- вплив деталей машин, що рухаються та обертаються (конвеєрів, деталей електродвигунів);

### Електробезпека

Безпека поразки робітників при експлуатації електроустановок передбачається нормами ПУЕ, згідно яким дане виробництво відноситься до особливо небезпечних, тому що мається декілька факторів небезпеки:

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк. 75
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

– струмопровідна підлога.

Характеристика електричної мережі :

– напруга  $U_{\text{уст}} = 380/220 \text{ В}$ ;

– частота  $f = 70 \text{ Гц}$ ;

– мережа з ізолюованою нейтраллю.

Причини електротравм:

– замикання на корпусі;

– порушення ізоляції;

– старіння ізоляції;

– відсутність орієнтувань в електроланцюгах ( проводи мають ізоляцію різного кольору , вивішування спеціальних );

– відсутність заземлення.

### **Захисні заходи при нормальному режимі роботи електроустановок:**

Забезпечення стабільного використання установки при звичайному робочому процесі забезпечується виконанням таких вимог: на ділянках з відкритим кабелем забезпечити високий рівень ізоляції, заземлення приладів, розташування автоматів живлення в легкій доступності.

Електрична ізоляція – це фізичне покриття проводу діелектриком, за рахунок високого опору якого струм не проникає через ізоляцію.

Огородження можуть бути суцільними, сітчастими або змішаними. Огородження обладнуються кришками, дверцятами або дверима, що замикаються на замок або забезпеченими блокуванням.

Блокування безпеки. За принципом дії блокування поділяють на механічні, електромагнітні та електричні.

Блокування електрики здійснюється на установках та стендах, для запобігання виникнення надзвичайних ситуацій. Суть електричного блокування полягає в відключенні електроприладів від подачі струму шляхом вимкнення автоматів. Також проводиться повне заземлення усіх установок.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк. 76
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

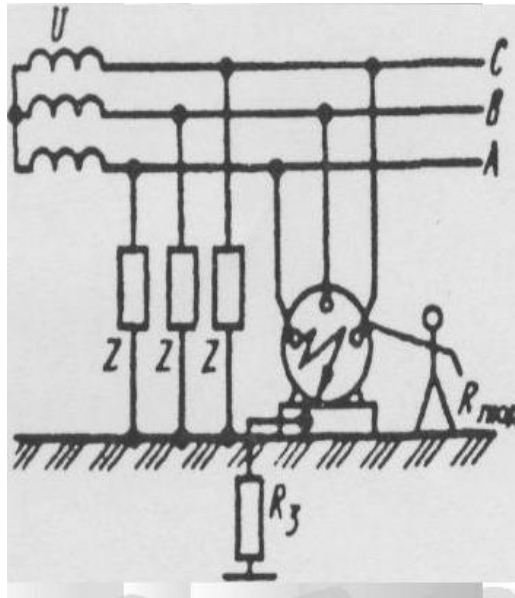


Рисунок 5.1 – Схема заземлення

Струм, що проходить через робітника, що доторкнувся до корпусу ушкодженого устаткування (без заземлення):

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + \frac{r}{3}} = \frac{220}{5000 + \frac{20000}{3}} = 0,018 \text{ A} = 18 \text{ mA} ,$$

де  $R_{\text{л}}$  – опір тіла, який при за наведеними даними приймається рівним 5000 Ом;  $U_{\text{ф}}$  – фазова напруга, В;  $r$  – опір стікання, Ом.

Даний струм несе загрозу для життя людини.

Проведемо розрахунки захисного заземлення.

Загальний опір:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_0}{\sqrt{n}} = 3,50 \text{ Ом}$$

Опір штучного заземлювача:

$$R = \frac{R_e : R_0}{R_e - R_0} = 40 \text{ Ом}$$

Необхідна кількість паралельно розташованих заземлювачів:

$$n = \frac{R_1}{R \cdot \eta} = 6$$

Загальний опір полоси та штирів приймається 5 Ом.

В якості заземлювачів слід використовувати електроди діаметром 10 мм, довжиною 3 м та в кількості 8 штук.

При заземленні устаткування струм, що проходить через людину буде дорівнювати :

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + \frac{r}{3} + \frac{R_{\text{л}} \cdot r}{3 \cdot R_3}} = \frac{220}{5000 + \frac{20000}{3} + \frac{1000 \cdot 20000}{3 \cdot 4}} = 0,00013 \text{ А} = 0,13 \text{ мА} ,$$

де  $R_3$  – опір заземлення,  $R_3 = 4$  Ом,  $R_{\text{заг}} = 3,5$  Ом

Згідно розрахунків цей струм є безпечний для людини і відповідає ГОСТ 12.1.038-82.

З метою уникнення травмованості започаткували наступні заходи:

- автомати ввімкнення лінії знаходяться в окремій шафі;
- електрокабелі знаходяться в спеціальних коробах;
- активоване захисне відключення лінії у випадку контакту людини з напругою;
- на панелі управління розміщено спеціальні лампи контролю установки;
- вузли установки що можуть виявитись під напругою обладнати затискачами для підключення до заземлення.

Для захисту від іскрових розрядів статичного струму проектом передбачено відвід зарядів за рахунок приєднання установки, комунікацій, в яких статичний струм виникає та може накопичуватися, до заземляючого пристрою.

Для захисту від надзвичайних ситуацій, пов'язаних з електробезпекою машини оснащена пультом та автоматикою аварійного вимкнення живлення, також оператор працює на ізолюючому від фундаменту помості.

Робота обладнання лінії не утворює специфічних електромагнітних полів.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

## Повітря робочої зони

За рахунок викидів теплоти від працюючих апаратів повітря в робочій зоні є важким для сприйняття організмом людини. Тому було розраховано та забезпечено ефективні параметри для робочої зони. Енерговитрати людини в цеху досягають 150 ккал/г (160 Дж/с ). Отримані параметри зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1. Параметри впливу факторів в промисловій зоні

Пора року	Категорія виконуваної роботи – легка		
	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Фактич.	Фактич.	Факт.
Зима	19 ÷ 23	60 ÷ 50	0,2
Літо	24 ÷ 27	60 ÷ 45	0,4

Усі параметри умов відповідають стандартним нормам: взимку водяним опаленням, температура теплоносія 70-75 С та влітку встановлення кондеціонерів в приміщеннях у відповідності з СНІП 2.04.05-86.

У приміщенні встановлено робочу припливно-витяжну вентиляцію. Оптимальний ГДК=350мг/м<sup>3</sup>, при цьому фактична концентрація=150 мг/м<sup>3</sup>.

Приміщення, де працює лінія, обладнане витяжним зонтом.

Вихідні дані:

Висота закріплення зонти $H$ , м	1,7;
відстань від зонти до площини $h$ , м	0,9;
Ширина площини $a$ , м	0,65;
Довжина площини $b$ , м	4;
Відстань від дна витяжки до площини $h$ , м	0,9;
Кут розвороту зонти $\varphi$	65;
Швидкість в перерізі витяжки $V$ , м/с	0,45;

Розрахунок ведемо за методикою що наведена у літературі [27]

Розміри прямокутної парасолі:

$$A = a + 0,8 \cdot h = 0,75 + 0,8 \cdot 0,8 = 1,37 \text{ м.}$$

$$B = b + 0,8 \cdot h = 4 + 0,8 \cdot 0,8 = 4,65 \text{ м.}$$

Кут зачинення зонти  $\varphi$  маємо приймати не більше  $60^\circ$  (в цьому випадку осьова швидкість в перерізі зонти близька до середньої по всьому перерізу зонти).

Повна висота зонти:

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6 = \frac{1,34 - 0,3}{2 \cdot 0,57735} + 0,2 = 1,1 \text{ м,}$$

де  $D$  – діаметр витяжної труби,  $D = 0,3$  м;

$h_6$  – висота борту,  $h_6 = 0,2$  м.

Площа витяжної зони прямокутної парасолі:

$$F = A \cdot B = 1,34 \cdot 4,64 = 6,22 \text{ м}^2.$$

Кількість забрудненого повітря, що витягується витяжною вентиляцією від парасольки:

$$L = 2400 \cdot F \cdot V = 2400 \cdot 6,22 \cdot 0,55 = 12,316 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вибираємо осьовий вентилятор марки МЦ-7 за [27] з заданими характеристиками: Ефективна продуктивність  $L = 16000 \text{ м}^3/\text{год}$ ; ККД –  $\eta = 0,56$ ; Повний тиск –  $P = 8 \text{ кГ/м}^2$ .

Визначаємо потужність двигуна, кВт:

$$N = \frac{L \cdot k \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{п}}} = \frac{16000 \cdot 1,5 \cdot 8}{3600 \cdot 102 \cdot 0,56 \cdot 0,6} = 1,245$$

де  $\eta_{\text{п}}$  – ККД передачі,  $\eta_{\text{п}} = 0,6$ .

Потужність електродвигуна  $N$  розраховується з коефіцієнтом запасу  $k = 1,5$ .

Приймаємо електродвигун потужністю  $N = 1,5$  кВт з кількістю обертів  $n = 950$  об/хв.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		



Гранично допустимі концентрації і клас небезпечності шкідливих речовин, що виділяються, відповідає ГОСТ 12.1.005-98.

Приміщення є вибухо-небезпечним. Тому аварійна вентиляція (продуктивність  $L=8K$ ) без робочої вентиляції.

Автоматично спрацьовує вентиляція при досягненні 20% нижньої концентраційної межі вибуху (НКМВ – 4,8%).

У випадках, коли  $L<10\%$ , то НКМВ = 0,5% - вентилятори із кольорових металів у вибухо захищеному виконанні.

### **Вплив деталей машин, що рухаються та обертаються**

Небезпеку становлять обертові частини двигунів і конвеєрів, що працюють на лінії. Для уникнення травматичних випадків частини, що обертаються захищені захисними кожухами. З метою захисту персоналу конвеєри та їхні електроприводи огорожені захисною сіткою, яка має розміри отворів 5 см. Ця сітка закріплена в горизонтальному положенні на рухомих шарнірах і спирається кожною стороною на бокові опори конвеєрів. В разі необхідності захисну сітку можна легко зняти або здвинути вертикально вбік.

### **Надзвичайні ситуації**

При виникненні пожежі необхідно, не зволікаючи, вимкнути вентиляцію (як приточну, так і витяжну), зупинити і вимкнути лінію. До первинних засобів пожежогасіння відносяться вогнегасники, інший пожежний інвентар та інструмент (гаки, сокири тощо).

Пожежний інструмент фарбується у чорний колір.

Ящики для піску мають розміщуватися в цехах, підходи до них повинні бути вільні. Протипожежні простирадла (кошма), виготовлені з волокна, яке не горюче, розміри якої мають бути не менше 2х2 м.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

В приміщенні має бути декілька аварійних виходи , один з яких на початку цеху, другий в кінці. Аварійний вихід повинен бути не менше 2 метрів завширшки.

Склади для зберігання готової продукції (пива та інших алкогольних виробів) повинні бути не високі з покриттям типу профнастил, не мати приміщень, де може зберігатися небезпечний брукт. Стіни, перегородки, покриття складів мають бути з негорючих матеріалів не нижче III ступеня вогнестійкості. Вікна та двері повинні відкриватися назовні. Висота складських приміщень повинна бути не менше 3 м від основи до нижніх виступаючих частин покрівлі. Підлоги складів мають бути рівними з неслизькою поверхнею.

У складах мають розташовуватися інструкції та правила поведження в надзвичайних ситуаціях.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

## 6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів

Виготовлення стандартних деталей апарата виконується за нормативними вимогами підприємства виробника. Перед відправленням на використання проводиться перевірочне збирання збирання конструкцій. Ціль полягає в перевірці якості виготовленої продукції, а також перевірці, чи всі елементи апарату встановлюються у своє проектне положення, з повним припасуванням до місць стикування із сусідніми деталями. Деталі проходять маркування, потім конструкція йде на відправку і монтаж замовника.

Виготовлення та монтаж обладнання одиничного і малосерійного виробництва, що складається на місці експлуатації, виконуються відповідно до ГОСТ 15.005-86.

На місці встановлення апаратів має працювати підйомна техніка. При фіксування теплообмінника за спеціальні вуха йде розвантаження. Дробарка фіксується за раму відповідним підйомним кріпленням. Встановлення апаратів потребує наявності необхідної платформи та всіх блоків живлення, які забезпечують стабільну роботу теплообмінника та дробарки.

Стан робочих поверхонь продукту має відповідати усім правилам зберігання і монтажу та має забезпечувати працездатність обладнання під час випробувань і експлуатації без проведення додаткових робіт по очищенню та перевірці апарату.

Встановлене обладнання та допоміжні деталі треба перевірити з конструкторською документацією, для уникнення надзвичайних ситуацій. Використані марки матеріалів, технічні характеристики обладнання, деталей та вузлів мають відповідати кресленням, що перевіряється операційним контролем у процесі виготовлення апарата.

Дробарку потрібно встановлювати на спеціальну поверхню, яка буде поглинати вібрацію від корпусу апарату. Перевірці підлягають валки, а саме перевірка наявності ексцентриситету; при наявності перевірити, чи відповідає необхідним умовам роботи валків.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Після встановлення слід перевірити якість зварних з'єднань, для забезпечення нормальної роботи апаратів, адже ці місця мають високі навантаження.

Перевірку всіх зварних швів проводять після повного очищення поверхні від забруднень. Зовнішньому огляду і виміру зварних швів підлягають усі зварені з'єднання за методикою, приведеної в ДСТ 3242-79, для виявлення неприпустимих дефектів.

Випробування теплообмінника на міцність і щільність проводиться пробним тиском згідно СТ СЭВ 800-77 і ОСТ 26-291-79.

Пневматичні випробування після повної очистки та отримання позитивних результатів перевірки зварних швів апарата.

При пневматичному випробуванні зварні шви не обстукуються, перевірка проводиться за допомогою мильного розчину.

При гідравлічному та пневматичному випробуванні напруги в стінках елементів апарата мають мати запас міцності до границі текучості при температурі 20<sup>0</sup>С не менш 1.1 - при гідравлічному іспиті, і 1.2 – при пневматичному випробуванні.

Апарат пройшов випробування, якщо після проведення усіх операцій не було виявлено деформації швів, падіння тиску в робочій зоні, травлення клапанів, тощо.

Дробарку перевіряють на справну роботу електродвигунів та іншого рухомого обладнання. Перевірка зварних швів проходить в місцях найбільших навантажень.

Результати усіх проведених випробувань фіксуються та заносяться в паспорт апарата.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

## 7. Рівень стандартизації та уніфікації

Застосування стандартних та уніфікованих деталей сприяє скороченню витрат матеріалів, зменшує витрати пов'язані з підготовкою виробництва, збільшенню продуктивності виробництва. Для стандартних деталей не потрібно проектувати спеціальну оснастку. Під рівнем стандартизації та уніфікації виробу розуміється насичення їх відповідно стандартизованими та уніфікованими деталями. Рівень стандартизації та уніфікації оцінюється коефіцієнтами стандартизації та уніфікації.

Розраховуємо для теплообмінника «труба в трубі»:

Коефіцієнт стандартизації  $K_c$  згідно визначається:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{2100}{3500} = 0,6,$$

де  $n_c = 2100$  – кількість стандартних деталей в апараті;

$N$  – загальна кількість деталей в апараті.

Коефіцієнт уніфікації  $K_y$  визначаємо із залежності :

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{2100 + 732}{3500} = 0,8,$$

де  $n_3 = 732$  – кількість уніфікованих деталей в апараті.

Розраховуємо для дробарки:

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{ст} = \frac{N_{ст}}{N} = \frac{425}{441} = 0,96$$

де  $N_{ст}$  – кількість стандартних деталей;

$N$  – загальна кількість деталей.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{N_{ст} + N_y}{N} = \frac{425 + 9}{441} = 0,98$$

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

де  $N_y$  – кількість уніфікованих деталей.

Висновок: у результаті розрахунків встановлено, що коефіцієнт стандартизації та уніфікації для теплообмінника та дробарки є задовільними. Невисокі коефіцієнти можна пояснити тим, що багато деталей та вузлів даних апаратів виготовляється за стандартом підприємства.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

## 8. Розробка стартап-проекту

### 8.1. Опис ідеї проекту

Спостерігаючи сьогоднішню тенденцію споживання крафтової продукції, реалізація стартап- проекту в сфері пивоваріння є актуальною. За рахунок зміни смакових якостей, а також підвищення якості продукції тема є актуальною. Основна ідея наведено у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проект

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Інженерні послуги з внесення конструктивних змін в готові лінії виробництва продукції потенційних клієнтів	1. Харчова промисловість	Розрахунок необхідних апаратів та інженерний супровід для клієнта
	2. Наукові інститути	За рахунок постійних наукових дослідження досягається першість в відкриттях
	3. Фармацевтична галузь	Користувач має високий рівень конкурентоспроможності

Такий підхід надає повний спектр послуг користувачу.

Визначено потенційні техніко-економічні переваги ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- проведено порівняння з аналогами конкурентів;
- визначено попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;

■ проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 8.2).

Таблиця 8.1 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

п/п	Характеристики ідеї	Послуги конкурентів				W (слаба сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Plus Term	Termo PROM	Funke-Ukraine			
1.	Інженерні послуги	Надання інженерних послуг в декількох напрямках промисловості	Виготовлена продукція є вузькоспеціалізованою			-	-	Більший ринок збуту
2.	Наукова новизна	Проводяться наукові розробки	Використання стандартної продукції без наукових розробок			-	-	Відкриття та впровадження нових технологій
3.	Забезпечення конкурентоспроможності	За рахунок наукових розробок та впровадження	Мін вартість, та надійність	Великі масштаби виробництва	Комплексний підхід і рішення «під ключ»	-	+	-

З вище наведених даних видно, що інженерні послуги та наукова новизна є сильними сторонами даного проекту, за рахунок відсутності в конкурентів таких показників. Забезпечення конкурентоспроможності є нейтральною стороною, адже ця характеристика присутня в інших конкурентів.



## 8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит способу, за допомогою якого реалізується ідея проекту та наведено його у таблиці 8.3.

Таблиця 8.2 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Інженерні послуги з внесення конструктивних змін в готові лінії виробництв а продукції потенційних клієнтів	Створення інтернет ресурсу, прийняття участі в виставках, показах; створення макетів деяких відкриттів.	Ми будемо залучати вже освічених фахівців, що вже мають спеціальну інженерну освіту	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: є можливою				

За результатами дослідження можна зробити висновок, що можливості технологічної реалізації проекту, та методи реалізації є можливими та ефективними.

## 8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основні оператори ринку:

Основними операторами ринку є приватні конструкторські відділи, більшість з яких розташовані за межами нашої країни і виконують роботу тільки на власні підприємства, а також виконують консалтингові послуги в сфері інжинірингу.

Таблиця.8.4 попередня характеристика потенційного ринку стартап - проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Немає даних
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Якість
5	Середня норма рентабельності в галузі, %	67
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO

За результатами аналізу таблиці 8.4 можна зробити висновок що є можливість входження на ринок.

Економічні та соціальні тенденції ринку:

На даний момент ринок знаходиться на стадії зростання. За рахунок покращення якості життя в країні є потреба покращення якості виробництва продукції. Вхід України до Європейського Союзу вимагає збільшення конкурентоспроможності промисловості та введення нових інноваційних технологій та інвестицій.

Для аналізу ринку виробництва та купівлі пива було використано дослідження по ринку в Україні, млн. декалітрів. за рік рисунок 8.1.

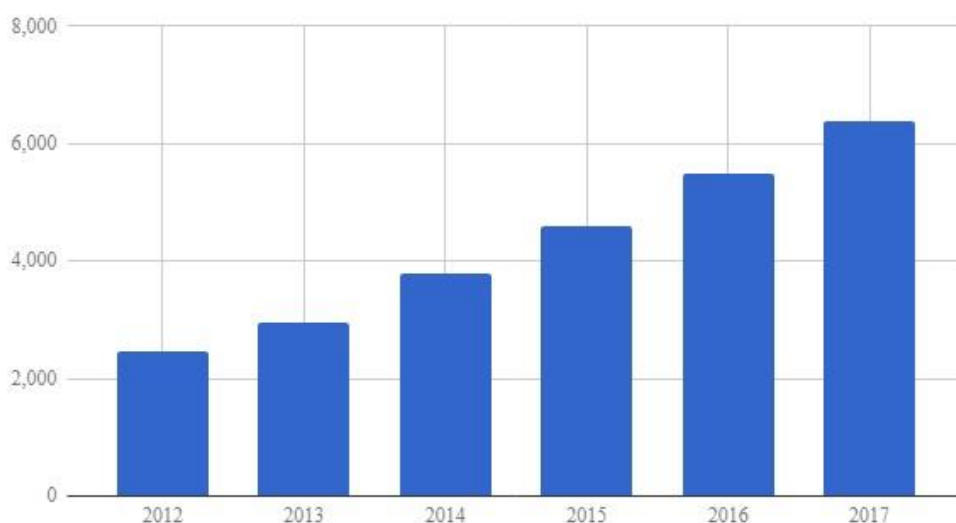


Рисунок 8.1 – Ринок споживання слабоалкогольної продукції в Україні

Аналіз вказує що наразі послуги починають приймати тенденцію зростання.

Споживачі даного ринку є доступними, за рахунок розширення торгівельних тенденцій в світі. Найбільше споживачів знаходиться в країнах, що розвиваються. Саме тому ринок є перспективним.

Конкуренція на даному ринку є невеликою, оскільки даний вид діяльності є новим. Цей проект передбачає співпрацю з клієнтом згідно його вимог, з захистом інтелектуальної власності клієнта. Також ми пропонуємо клієнту власні розробки, модернізації та інновації за вигідними умовами.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Зміна якості споживаної продукції, тобто зменшення обсягу виробництва продукції, але з покращенням необхідних характеристик цього продукту	Приватні крафтові компанії, харчова промисловість	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-відповідність міжнародним нормам та стандартам, -доступність.

Проаналізуємо докладно фактори маркетингового середовища (Додаток Д ), на основі яких виділимо фактори загроз (табл. 8.12) і фактори можливостей (8.13).

Таблиця 8.12. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Політико- правовий	Збільшення податків та оподаткування	Вчасне вивчення усіх законів, та своєчасна сплата податків
2	Економічний	Можливість виникнення кризи	Створення амортизуючих проектів, що будуть реалізовані на інших ринках
3	Науковий	Втрата новизни продукції	Постійні наукові розробки

Таблиця 8.13. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Науковий	Відкриття в даній галузі	Вивчення та впровадження даного відкриття
2	Політичний	Відкриття кордонів та зменшення податків	Спроба вийти на міжнародний ринок

Таблиця 8.14 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкуренто - спроможною)
1. Монополістична	Конкуренція йде за об'єм продажу продукції	Новизна ідеї в даній галузі
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Компанії інших країн не інвестують в нашу країну	Тримання позиції на національному рівні
3. За галузевою ознакою внутрішньогалузева	Продукція конкурентів відрізняється змінами в товарі	Модернізація продукту
4. Конкуренція за видами товарів за бажанням	Клієнт вказує необхідні умови зміни в виробництві	Науковий розвиток з умовою підтримання бажань клієнту
5. За характером конкурентних переваг цінова	Зменшення витрат на модернізацію	Нові відкриття в даній галузі
6. За інтенсивністю - марочна	Ім'я бренду, впізнаваність	Активна соціальна сторона питання

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 8.15).

. Таблиця 8.15 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Підприємства по модернізації даного типу виробництва	Приватні фірми новатори	Мають вплив на продаж товарів, але не надання послуг	Новизна, цінова привабливість	Аналоги мало відомі і не є актуальні
Висновки:	Відомий бренд та якісне обслуговування забезпечує їм конкурентоспроможність	Можливість виходу на ринок фірм та наукових лабораторій	Правильний вибір постачальника. Від нього буде залежати вартість на комплектуючі.	Технічні характеристики готового продукту мають відповідати вимогам ринку	Робота проводиться в різних галузях, не є актуальним

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (таблиця 8.15), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 5.3), вимог споживачів до товару (таблиця 8.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця 8.12 та 8.13) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблиця. 8.16.

Таблиця 8.16 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Зменшення затрат клієнту на придбання товару
2	Якість виробництва	Уникнення несправностей під час використання продукту
3	Наукова робота	Втілення нових технологій в виробництво

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 8.16) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 8.17).

Таблиця 8.17

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін фірми PlusTerm

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з PlusTerm						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ціна	12						+	
2.	Якість виробництва	9				+			
3.	Наукова робота	3	+						

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін фірми Funke-Ukraine

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Funke-Ukraine						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ціна	5			+				
2.	Якість виробництва	11						+	
3.	Наукова робота	3	+						

Таблиця 8.18 – формулювання управлінської проблеми SWOT- аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>- енергозбереження та ресурсозбереження;</li> <li>- доступна вартість впровадження проекту;</li> <li>- адаптованість послуг на суміжні ринки;</li> <li>- швидкий вихід товарів на ринок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низький рівень фінансування;</li> <li>- програш іноземним компаніям;</li> <li>- зменшення постачальників за умови кризи;</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>- вихід закордонний ринок;</li> <li>- підвищення продуктивності за рахунок розробок;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- швидкий розвиток технологій;</li> <li>- нестабільна ситуація в країні, збільшення податків</li> <li>- втрата новизни товару</li> </ul>

З таблиці 8.18 робимо висновок, що сильною стороною є швидкий розвиток та вихід на інші потенційні ринки, але є загроза з боку іноземних компаній та нестабільної ситуації в країні.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.19).

Таблиця 8.19 –Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	<b>Загарбник</b>	Значні	Максимум 6 місяців
2	<b>Наступник</b>	Суттєві	Максимум рік

Після аналізу обираємо альтернативу **загарбник**. Тобто ми починаємо вести активну діяльність відразу на декількох ринках промисловості( харчова, фармацевтична) з подальшою метою виходу на міжнародний ринок.

#### 8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 8.20).

Таблиця 8.20 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Приватні промислові підприємства харчової та фармацевтичної промисловості	80%	85%	не значна	Висока
2	Підприємства харчової промисловості	25%	40%	Не значна	Середня

Для здобуття репутації компанії потрібно починати з приватних компаній. Вибрано стратегію концентрованого маркетингу для охоплення ринку.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 8.21).

Таблиця 8.21 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції	Базова стратегія розвитку
1	<b>Загарбник</b>	Концентрований маркетинг	Надання інженерних послуг приватним промисловим підприємствам	Стратегія спеціалізації



Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.22).

Таблиця 8.22 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Пошук нових клієнтів	Копіювання послуг на ринку, а саме аудит підприємства	Стратегія наслідування лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. таблиця 8.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.21) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.22) розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.23). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельний проект.

Таблиця 8.23 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту*
1	Вчасне та надійне надання інженерних послуг	Стратегія спеціалізації	Стратегія наслідування лідера	Інноваційне обладнання за доступною ціною

## 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.24 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.24 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Задоволення потреби у економії на висококваліфікованих фахівцях, що спроможні виконувати інженерні послуги та розробляти інноваційні інженерні проекти	Відповідність міжнародним стандартам та ціна	Гарантія якості( виконання заданих умов), доступна ціна, надійність

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.25). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [29].

Захист буде організовано за рахунок вчасно запатентованої ідеї товару у патентному відомстві.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 8.26). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.25 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Послуга за задумом	Інновації в даній галузі		
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання; 2. Призначення: харчові та алкогольне виробництво; 3. Технологічні: оптимізації витрат праці, коштів. 4. Безпека: відповідність нормативам; 5. Екологічність: відповідність нормативам.	-/+	+ /+ /+ /+ /+
	Якість: нормативи, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Розміщення логотипа підприємства на документації		
	Марка: Mettube		
III. Послуга із підкріпленням	До продажу: представлення клієнту проекту		
	Після продажу: гарантійні консультації, супровід, обслуговування		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використаням власних запатентованих розробок.			

Таблиця 8.26 – Визначення меж встановлення цін

№ п/п	Рівень цін на товари – замітники	Рівень цін на товари – аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	Домовленість	Немає	120 тис. грн/міс	Верхня: 85000 грн Нижня: 7000 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8. 22).

Таблиця 8.22 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Вивчення проблеми споживача та запропонування її вирішення	Гарантія якості, швидкість виконання, надійність, доставка	Канал нульового рівня (прямий маркетинг)	Веб ресурси, власні зв'язки

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут через соціальну активність .

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.23).

8.23 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Доступне пояснення ефективності інновацій	Інтернет, виставки	Продаж якісного товару; Чим довше партнерство, тим лояльніші ціни;	Демонстрація переваг продукції та послуг залежно від напрямку зацікавленості	Офіційний стиль. Презентація

Результатом пункту 5.5 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів,

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк. 100
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

## 5.6 Висновки до розділу

Відповідно до проведеного аналізу даний проект з надання інженерних послуг є актуальним, так як на ринку достатньо не багато конкурентів. Маючи перспективи росту на ринку послуг даний стартап є ефективним в нашій країні.

На даний проект є запатентоване дослідження, а також проведено всі перевірки ефективності.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дат		

## Висновки

У магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою магістерської підготовки на тему ” Модернізація лінії виробництва пива з розробкою теплообмінника «труба в трубі» і дробарки” було модернізовано лінію виробництва пива. Модернізація полягає в зміні конструкції теплообмінника «труба в трубі», що покращує надійність та зменшує матеріалоемність апарату.

Описано технологічну схему, проведено вибір типів апаратів, описано їх конструкцію, виконано порівняння з аналогами та патентний пошук. Виконано параметричні розрахунки, та розрахунки основних вузлів і елементів на міцність.

Перевірили конструкції теплообмінника та дробарки, що відповідають вимогам безпеки праці та промислової санітарії.

Розроблено стартап-проект запропонованої модернізації.

Розроблено систему автоматичного регулювання параметрів лінії виробництва пива, що дозволяє покращити якість продукції та підвищити безпеку експлуатації установки.

Розроблено технологічний процес виготовлення кришки, спроектовано пристрій для свердління отворів.

Виконано 10 креслень та два плакати формату А1.

За результатами дисертаційної роботи отримано 2 деклараційних патенти України на корисну модель, результати опрелюднено на 3 міжнародних конференціях та опубліковано статтю у фаховому журналі.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

## Выводы

В магистерской диссертации по образовательно-профессиональной программе магистерской подготовки на тему " Модернизация линии производства пива с разработкой теплообменника «труба в трубе» и дробилки" было модернизировано линию производства пива. Модернизация заключается в изменении конструкции теплообменника «труба в трубе», что привело к повышению надежности и уменьшению материалоемкости аппарата.

Сделано описание технологической схемы, проведен выбор типов аппаратов, описаны их конструкции, выполнено сравнение с аналогами и патентный поиск. Выполнено параметрические расчеты, и расчеты основных узлов и элементов на прочность.

Проверили конструкции теплообменника «труба в трубе» и дробилки, что соответствуют требованиям безопасности труда и промышленной санитарии.

Разработан стартап-проект внедрения предложенной модернизации.

Разработана система автоматического регулирования параметров линии производства пива, что позволяет улучшить качество продукции и повысить безопасность эксплуатации установки.

Разработан технологический процесс изготовления крышки, спроектировано устройство для сверления отверстий.

Выполнено 10 чертежей и два плаката формата А1.

По результатам диссертационной работы получено 2 декларационных патента Украины на полезную модель, результаты обнародовано на 3 международных конференциях студентов и опубликована статья в профессиональном журнале.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк. 103
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

## Conclusion

In the Master's thesis on the theme " Modernization of the beer production line with the development of a heat exchanger tube in a pipe and crusher " the beer production line was modernized. Modernization consists in changing the design of the "pipe in pipe" heat exchanger, which led to an increase in reliability and a decrease in the material intensity of the apparatus.

The technological scheme is described, the choice of devices is carried out, their design is described, and it was made the comparisons with counterparts and patent development. The parametric calculation, calculations of the basic units and elements of durability are executed.

The designs of the heat exchanger tube in a pipe and crusher that meet the requirements of safety and industrial sanitation are checked.

A startup project has been developed to implement the proposed upgrade.

The system of automatic control of the parameters of the beer production line has been developed.

A technological process for the production of a cap; a device for boring holes is designed.

10 drawings and two posters of A1 format are executed.

Based on the findings of the Master's thesis, 2 Declarative patent of Ukraine has been obtained on a useful model, the results have been presented at 3 international conferences, and the article in the professional journal has been published.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Адк.	№ доквм.	Підпис	Дат		



## Перелік посилань

1. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химических технологий. Учебное пособие для вузов/Под ред. П. Г. Романкова.— Л.: Химия, 1987. — 576 с., ил.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия. 1991. — 496 ст.
3. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности./ 2-е изд., пер. и доп. — Л.: Химия, 1974. — 343 с.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. — М.: Химия, 1973. — 752 с.
5. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. — М.: 1991. - 496с.
6. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. — Л.: Химия, 1991. — 352 с., ил.
7. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання та розрахунок фланцевого з'єднання»: Навч. посібник /. — К.НМК ВО, 1992 — 104 с.
8. І.О. Мікульонок. Конструювання фланцевих з'єднань сталених посудин та апаратів: Навч. посібник /. — К.: ІЗМН, 1997 — 152 с.
9. ГОСТ 14249 - 89: Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 10.Самсонова А.Н., Ушева В.Б. Фруктовые и овощные соки. — М. Агропромиздат, 1990.
- 11.Справочник технолога плодоовощного и консервного производства./ Под ред. В.И. Рогачева. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 408 с.
12. Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. Процессы и аппараты пищевых производств. — М.: Агропромиздат. 1985. — 503 с.
13. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк. 105
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дат		

производств» № 1, 2014 – 3 с.

14. Загальні технології харчових виробництв: підручник / [ В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура та ін.].– К.: Університет «Україна», 2010. – 814с.
15. ТУ 3612 – 014
16. Гост 805 – 95
17. Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І.О., Андреев І.А., Гайдін Є.М. (Ua); НТУУ”КПІ”; Заявка № 201606503, 14.06.2016; Опубл. 26.12.2016. № 112663/ЗУ/13
18. Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І.О., Андреев І.А., Панченко Д. В. (Ua); НТУУ”КПІ”; Заявка № 201705799, 12.06.2017; Опубл. 10.11.2017. № 120697/ЗУ/13
19. Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І.О., Андреев І.А., Мішуков С.Г. (Ua); НТУУ”КПІ”; Заявка № 201708938, 08.09.2017; Опубл. 25.01.2018. № 122867/ЗУ/13
20. Double tube, heat exchanger and method / Yasutaka Wada (US); №0074592A1, Pubicate date 10.08.2017
21. A heat exchanger plate for a plate heat exchanger / D. F. Yamoto (CN); №208108885 U, Pubicate data 16.11.2018.
22. Дробарка валкова / Суков Г.С., Кисельов О.Г.(Ua); Закрите акціонерне товариство «Новокраматорський завод»; Заявка № 201605010, 17.07.2016; Опубл. 25.07.2017. № 55110
23. Валкова дробарка / Котречко О.О., Дубровін В.О., (Ua), Національний університет біоресурсів, Заявка № UA201710075U, 15.01.2017, Публ. 20.05.2017, №85997U1
24. Валкова дробарка / Руденко О. В., Степанюк А. Р. (Ua); НТУУ”КПІ”; Заявка № 201314542, 12.12.2013; Опубл. 25.07.2014. № 91899U
25. Crusher / J.G. Chi Choso (Cn); №014754A1, Pubicate data 26.10.2016
26. Crusher / Kwoto Namatosi (Cn); №1795710A1, Pubicate data 21.06.2018
27. Методические указания к выполнению раздела “Охрана труда и

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

окружающей среды” в дипломном проектировании для студентов химико–машиностроительных специальностей. Составители: И. А. Фоменко, И.Н. Ковтун, Киев: КПИ, 1990. – 24 с.

28. Дробилки, конструкция расчет особенности эксплуатации, Составители: Б.В. Клушанцев, А.И. Косарев, Ю.А. Муйземнек, Москва: Машиностроение, 1990, 101 с.
29. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.
- 30.Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>.
- 31.Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.
- 32.Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : [http://futurolog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).
- 33.Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : [http://futurolog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).
- 34.Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк. 107
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

35.Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futureslog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Додаток А**

**Технологія виготовлення кришки**

					ЛН71мп.066165.000 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

## Зміст

Вступ .....	2
A.1 Технологія виготовлення кришки.....	2
A.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	3
A.3 Вибір і обґрунтування вибору заготовки.....	3
A.4 Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраних схем базування...	5
A.4.1 Вибір типового технологічного процесу.....	6
A.5 Розробка технологічного процесу.....	7
A.6 Визначення припусків на механічну обробку.....	9
A.6.1 Розрахунково-аналітичний метод.....	13
A.6.2 Аналоговий метод.....	13
A.7 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø30.....	13
Висновок.....	16
Перелік посилань.....	17

					ЛН71мп.066165.001ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.	Пищик Б.І.				Технологія виготовлення кришки			Лит.	Лист	Листов
Пров.	Двойнос Я.Г.								1/17	17
Реценз.								КПІ ім. І.Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н. контр.										
Утв.										

## Вступ

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – кришки підшипника вальців ЛН41с.703524.024 і проектування оснастки і кондуктора для свердління 8 отворів.

У процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

- розробка технології виготовлення деталі „кришка”, в яку входить вибір методу отримання заготовки й розрахунок припусків;
- вибір устаткування і інструментів для кожної операції;
- розрахунок режимів і сил різання та норм часу;
- проектування верстатного пристрою – кондуктора для свердління отворів.

### А.1 Технологія виготовлення кришки

Деталь – кришка підшипника. В складальному вузлі дана деталь вставляється в корпус і кріпиться восьми болтами М30. При виготовленні кришки особливу увагу потрібно звернути на обробку установочної поверхні  $\varnothing 326h7$ .

Кришка виготовлена з матеріалу – Сталь 35Л.

Межа міцності (для даної сталі):

- при розтягуванні  $\tau_B = 600$  МПа;
- при згині  $\sigma_n = 220$  МПа.

Твердість HB145.

Режими термічної обробки зразків та заготовок, які рекомендуються:

- загартування  $1000 \div 1050$  °С;
- охолодження – в маслі;
- відпуск  $700 \div 800$  °С;
- охолодження – в маслі або на повітрі.

Деталь працює в складних умовах і є відповідальною і напруженою. Дефекти внутрішні і зовнішні не допускаються.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						154
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

## **А.2 Аналіз технологічності конструкції деталі**

Матеріал деталі – Сталь 35Л ГОСТ 977–75, вибраний з міркувань техніки безпеки, має достатню текучість та малу схильність до утворення усадкових відхилень при виливанні. Конструкція деталі дозволяє отримати виливок із застосуванням високопродуктивного обладнання. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності процесу виготовлення кришки.

Сталь 35Л добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту.

В іншому деталь складається з простих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при стандартних технологічних базах.

Усі технологічні вимоги встановлені в залежності від службового призначення виробу та визначаються ступенем точності деталі.

В цілому деталь технологічна.

## **А.3 Вибір і обґрунтування вибору заготовки**

Одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір форм заготовок, що дають найменші технологічні відходи. Безупинне підвищення точності заготовок і наближення їхніх форм до форм готових деталей різко скорочує галузь застосування різних методів обробки різанням і скорочує відходи металу в стружку.

Матеріал деталі має ливарні властивості, тому заготовку отримуємо виливанням. Деталь має ступінчасту і фігурну форми.

Враховуючи розміри і матеріал деталі, невисокі вимоги до якості виливки та невисоку вартість лиття в піщано-глинисті форми, заготовку будемо отримувати

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 155
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		



литтям у форму з машинною формовкою за металевими виробами. Клас точності – дев'ятий згідно ГОСТ 26645–85. Вимоги до сталених виливок оговорені в ГОСТ 26358-84, формовочні уклони – в ГОСТ 3212–80[12]. Ескіз виливка показаний на рисунку А.1.

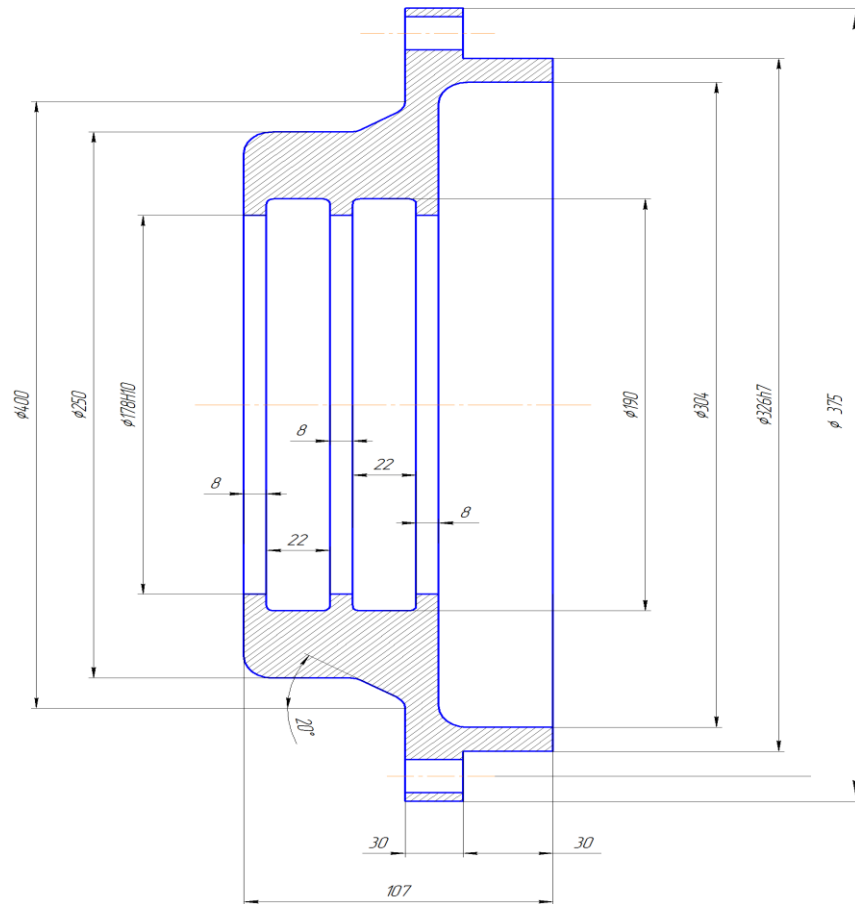


Рисунок А.1 – Ескіз заготовки кришки

Виливна форма повинна мати, по можливості один плоский роз'єм та забезпечувати мінімальну кількість стержневих вставок. Для даної заготовки такою єдиною площиною роз'єма може бути тільки торець  $\phi 375$ .

Перевага цієї площини роз'єму в тому, що в ній знаходяться найбільші розміри заготовки, чим досягається мінімальна глибина формування, невеликі перепади розмірів виливки завдяки формовочним уклонам і добра якість відливки. Крім цього вся виливка формується в одній опоці і на її поверхні не буде дефектів, які виникають через зміщення опок.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 156
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

#### А.4 Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраних схем базування

Деталь має поверхні, які необхідно обробити з точністю до квалітету, заданого для складання на кресленні, забезпечивши при цьому шорсткість поверхні не більше 3,2.

Тому первинну та остаточну обробку поверхонь деталей виконуємо окремими операціями, що дозволяє оновити структуру матеріалу деталі після попередньої і перед наступною операціями через більш тривалий проміжок часу. Так як тип виробництва – одиничний, то при виборі технологічних баз вважаємо, що обробка поверхні деталі виконується на верстатах, тому що в одній операції виконується декілька переходів за одне встановлення заготовки. Для вибору технологічних баз виконуємо класифікацію поверхонь за службовим призначенням:

- основна конструкторська база – поверхня:  $\varnothing 178$ ; торець  $\varnothing 250/\varnothing 178$ ;
- вільні поверхні – всі інші окрім вище названих.

В якості постійної бази раціонально буде використовувати поверхню  $\varnothing 178$  (установочна); торець  $\varnothing 250/\varnothing 178$  (опорна база).

Для реалізації цього необхідно перераховані бази обробити дуже точно, а для отворів забезпечити точні координати. Тому постійні технологічні бази використовуємо для чистих і кінцевих операцій.

У першій токарній операції підготуємо бази для наступних операцій.

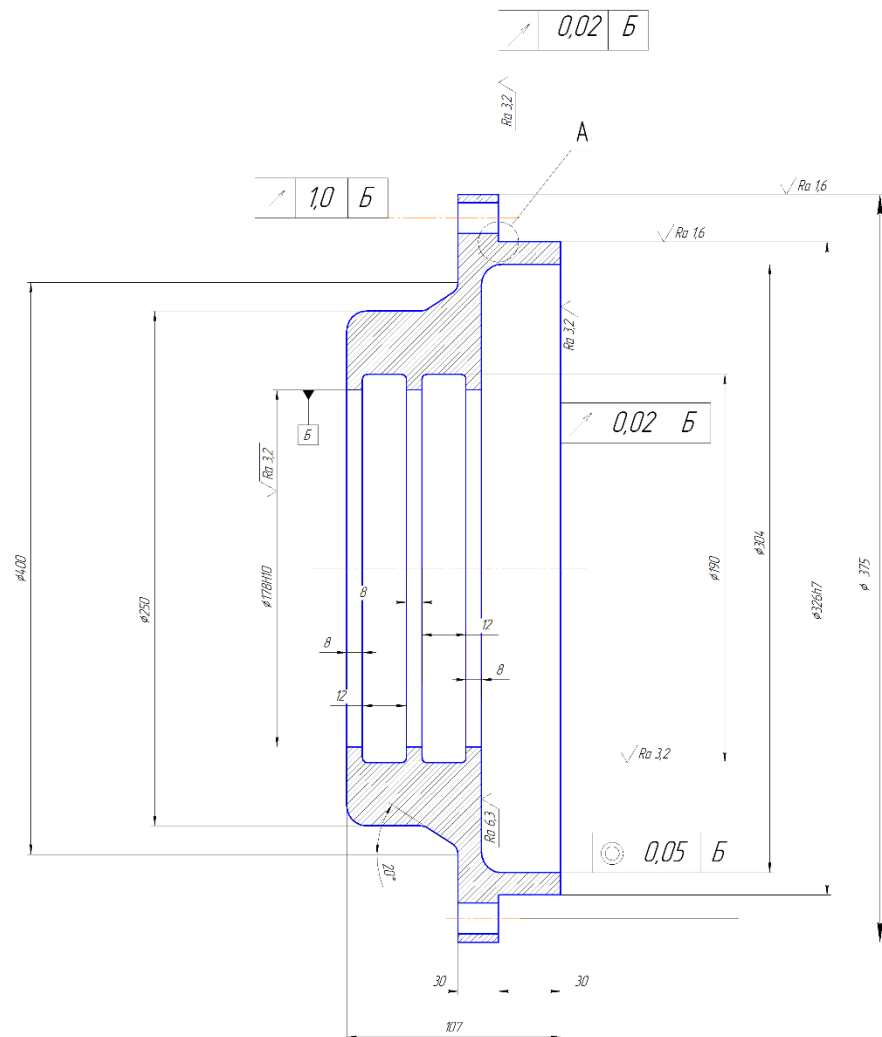
Технологічні бази: торець  $\varnothing 250/\varnothing 178$  – установочна база, бокова зовнішня поверхня – опорна база. Дана схема базування забезпечує мінімальні поверхні базування.

В першій операції обробляємо торці кришки –  $\varnothing 326/\varnothing 304$  та  $\varnothing 375/\varnothing 326$ . В другій операції обробляємо зовнішні поверхні обертання –  $\varnothing 326$  та  $\varnothing 375$ , і внутрішні поверхні обертання  $\varnothing 190$  та  $\varnothing 178$ . В третій – свердління вісьми отворів  $\varnothing 30$ . В четвертій – шліфуємо поверхні  $\varnothing 326$  та  $\varnothing 178$ .

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 157
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

#### **А.4.1 Вибір типового технологічного процесу**

З урахуванням одиничного типу виробництва, виготовлення деталі типу "кришка" виконуємо за, рис. А2:



## Рисунок А2 – Креслення деталі

- попередня і кінцева токарні обробки поверхонь обертання, а також чорнова обробка торця за одну операцію;
- свердлення отворів;
- обробка точних поверхонь – шліфування.

Коефіцієнт точності розміру розраховуємо за даними таблиці А.1 і заносимо в таблицю А.1.

$$K_{y\mathcal{J}} = \frac{T_3}{T_{\mathcal{J}}}, \quad (\text{A.1})$$

де  $T_3, T_d$  – допуск розміру заготовки й деталі, що виходить, мкм.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						158
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця А.1 – Маршрут обробки поверхні деталі

Розмір поверхні		Допуск на розмір, мм		$K_{уж}$	$\eta$	кв. точн.	Шорсткість R <sub>a</sub> ,	метод обробки поверхні
деталь	загот.	$T_3$	$T_d$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø178	Ø174	1,76	0,23	7,65	2,92	14	12,5	точити попередньо
						10	3,2	точити кінцево
						8	1,6	шліфувати кінцево
Ø326h7	Ø330	2,55	0,21	12,1	4,75	14	12,5	точити попередньо
						10	3,2	точити кінцево
						7	1,6	шліфувати кінцево
Ø304	Ø300	2,25	0,185	12,2	4,9	14	12,5	точити попередньо
						12	6,3	точити кінцево
Ø30	Ø30	0,1	0,043	2,3	1,56	11	6,3	точити попередньо

Кількість необхідних технологічних переходів розраховуємо за даними таблиці А.1 і заносимо в таблицю А.1, мкм:

$$\eta = \frac{-L \cdot g \cdot K_{уж}}{0,46} \quad (A.2)$$

### А.5 Розробка технологічного процесу

Операція 005. Токарна.

1. Підрізати торець Ø326/Ø304.

Бази: установча – поверхня Ø250; опорна база – торець Ø250/Ø178.

Модель верстата: токарний (ДІР500)

Пристосування: патрон чотирьохкулачковий самоцентрувальний з пневмоприводом

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ			Арк.
								159
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат				

2. Підрізати торець Ø375/Ø326.

Бази: установча – поверхня Ø250; опорна база – торець Ø250/Ø178.

Модель верстата: токарний (ДІР500)

Пристосування: патрон чотирьохкулачковий самоцентрувальний 3  
пневмоприводом

Операція 010. Токарна.

1. Точити поверхню Ø178.

Бази: установча – поверхня Ø250; опорна база – торець Ø250/Ø178.

Модель верстата: токарний (ДІР500)

Пристосування: патрон чотирьохкулачковий самоцентрувальний 3  
пневмоприводом

2. Точити поверхню Ø190.

Бази: установча – поверхня Ø250; опорна база – торець Ø250/Ø178.

Модель верстата: токарний (ДІР500)

Пристосування: патрон чотирьохкулачковий самоцентрувальний 3  
пневмоприводом

3. Точити поверхню Ø326.

Бази: установча – поверхня Ø250; опорна база – торець Ø250/Ø178.

Модель верстата: токарний (ДІР500)

Пристосування: патрон чотирьохкулачковий самоцентрувальний 3  
пневмоприводом

4. Точити поверхню Ø375.

Бази: установочна – поверхня Ø250; опорна база – торець Ø250/Ø178.

Модель станка: токарний (ДІР500).

Пристосування: патрон чотирьохкулачковий самоцентрувальний 3  
пневмоприводом.

Примітка: поверхні точити начорно, начисто.

Операція 015. Свердлильна.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						160
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

## 1. Свердлити вісім отворів Ø30

Бази: торець Ø326/Ø304; поверхня Ø178

Обладнання: вертикально – свердлильний ; модель – 2Н55

Пристосування: кондуктор спеціальний.

Операція 020. Шліфувальна.

### 1. Шліфувати поверхню Ø178.

Бази: установочна – поверхня Ø250; опорна база – торець Ø375/Ø250.

### 2. Шліфувати поверхню Ø326.

Бази: установочна – поверхня Ø250; опорна база – торець Ø250/Ø178.

## А.6 Визначення припусків на механічну обробку

### А.6.1 Розрахунково-аналітичний метод

Для циліндричної зовнішньої поверхні Ø326h7 припуск визначають за формулою, мкм:

$$2Z_{i\min} = 2 \left[ (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta \sum_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right],$$

де  $R_{zi-1}$  — висота нерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

$h_{i-1}$  — глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході, мкм;

$\Delta \sum_{i-1}$  — сумарне відхилення розташування поверхні, отримане в результаті виконання попереднього переходу, мкм;

$\varepsilon_i$  - похибка встановлювання заготовки на переході що виконується, мкм.

Мінімальний припуск на чорнову обробку поверхні Ø326h7 визначаємо за формулою (А.3).

Визначаємо мінімальний припуск для чорнового точіння по формулі А.3, мкм:

$$2Z_{1\min} = 2 \left[ (R_z + h)_0 + \sqrt{\Delta \sum_0^2 + \varepsilon_1^2} \right] = 2 \left[ (200 + 100) + \sqrt{1765^2 + 128^2} \right] = 4139 \text{ мкм}$$

Сумарне значення  $R_z$  і  $h$  для виливків 9-го класу точності вибираємо з таблиць [13].

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 161
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

Для заготовки  $R_{z1} = 200$  мкм,  $h_1 = 100$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для литих поверхонь визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma_{\text{заг1}}} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} = \sqrt{488^2 + 1697^2} = 1765 \text{ мкм},$$

$\Delta_{\text{кор}}$  - короблення потрібно враховувати як в діаметральному, так і в осьовому перерізі поверхні, мкм:

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{УКОР}} \cdot d)^2 + (\Delta_{\text{УКОР}} \cdot L)^2} = \sqrt{(1 \cdot 480)^2 + (1 \cdot 95)^2} = 488 \text{ мкм};$$

Зміщення  $\Delta_{\text{УКОР}}$  поверхні, що оброблюється необхідно визначати у вертикальній і горизонтальній площинах і воно повинно враховувати відхилення осі литого циліндру відносно базової поверхні, тому:

$$\Delta_{\text{Сі}} = \sqrt{\Delta_r^2 + \Delta_B^2} = \sqrt{1,2^2 + 1,2^2} = 1,697 \text{ і } \hat{=} 1697 \text{ і } \hat{=} ,$$

де  $\Delta_r, \Delta_B$  — зміщення в горизонтальній і вертикальній площинах.

Згідно ГОСТ 26645-85

$$\Delta_r = \frac{S_1}{\cos \beta} = \frac{1,2}{\cos 0^\circ} = 1,2 \text{ мм},$$

де  $S_1$  — зазор (горизонтальний) між знаком форми і поверхнею;

$\beta$  — виливний уклін, °.

Зміщення в вертикальній площині:

$$\Delta_B = S_2 = 1,2 \text{ мм},$$

де  $S_2$  — вертикальний зазор між знаком форми і стержнем.

Просторові відхилення дуже швидко зменшуються при механічній обробці.

Похибка встановлювання  $\varepsilon_1$  на переході, який характеризується зміщенням оброблювальної поверхні у будь-якому напрямку при базуванні і закріпленні деталі в пристрої.

Вона визначається за формулою:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{100^2 + 80^2} = 128 \text{ мкм},$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 162
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

де  $\varepsilon_6$ ;  $\varepsilon_3$  – похибка відповідно базування і закріплення в трьох-кулачковому патроні, мкм.

Визначаємо мінімальний припуск для чистового точіння по формулі А.3:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left[ (R_z + h)_1 + \sqrt{\Delta \Sigma_1^2 + \varepsilon_1^2} \right] = 2 \cdot \left[ (200 + 100) + \sqrt{105,9^2 + 128^2} \right] = 710,26 \text{ мкм}$$

Просторові відхилення для чорнових поверхонь:

$$\Delta \Sigma_1 = E_{3\min} \cdot \Delta \Sigma_0 = 0,06 \cdot 17665 = 105,9 \text{ мкм},$$

Визначаємо мінімальний припуск для чистового точіння по формулі А.3:

$$2Z_{3\min} = 2 \left[ (R_z + h)_2 + \sqrt{\Delta \Sigma_2^2 + \varepsilon_3^2} \right] = 2 \left[ (80)_2 + \sqrt{70,6^2} \right] = 301,2 \text{ мкм},$$

$$\Delta \Sigma_{\text{чист}} = K_{\text{чист}} \cdot \Delta \Sigma_{\text{черн}} = 0,04 \cdot 105,9 = 4,236 \text{ мкм}.$$

Таблиця А.2 – Розрахунок припусків на обробку поверхні  $\varnothing 464h7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 404h7$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові припуски $2Z_{\min}$ , мм	Розрахункові розміри $Dim_{\min}$ , мм	Допуск $T_i$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припуски	
	$R_z$	$h$	$\Delta \Sigma$	$\varepsilon_y$				Dimin	Dimax	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лиття заготовки в пісчано-глинисту форму (9й		300	1765	—	—	468,983	4400	468,983	470,383	—	—
Точіння чорнове (14-й квалітет)	100	100	105,9	128	4139,27	465,942	1550	465,942	466,692	4,041	6,691



Продовження таблиці А.2

Точіння чистове (9-й квалітет)	40	40	70,6	0	710,26	464,231	250	464,231	464,511	0,711	2,181
Шліфування (7-й квалітет)	20	20		7	301,2	463,93	63	463,93	464	0,301	0,511
Загальний припуск	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,053	9,383

Отримані результати перевіряємо за формулою:

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{чис}} = Z_{0\text{max}} - Z_{0\text{min}},$$

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{чис}} = 4400 - 70 = 4330, \text{ мкм}$$

$$Z_{0\text{max}} - Z_{0\text{min}} = 5053 - 983 = 4330, \text{ мкм}$$

де  $Z_0$  - сумарний загальний припуск, мкм;

$Z_{0\text{min}}$ ,  $Z_{0\text{max}}$  - мінімальний і максимальний відповідно, мкм;

$T_{\text{заг}}$ ,  $T_{\text{чис}}$  - допуск на заготовку і деталь, мкм.

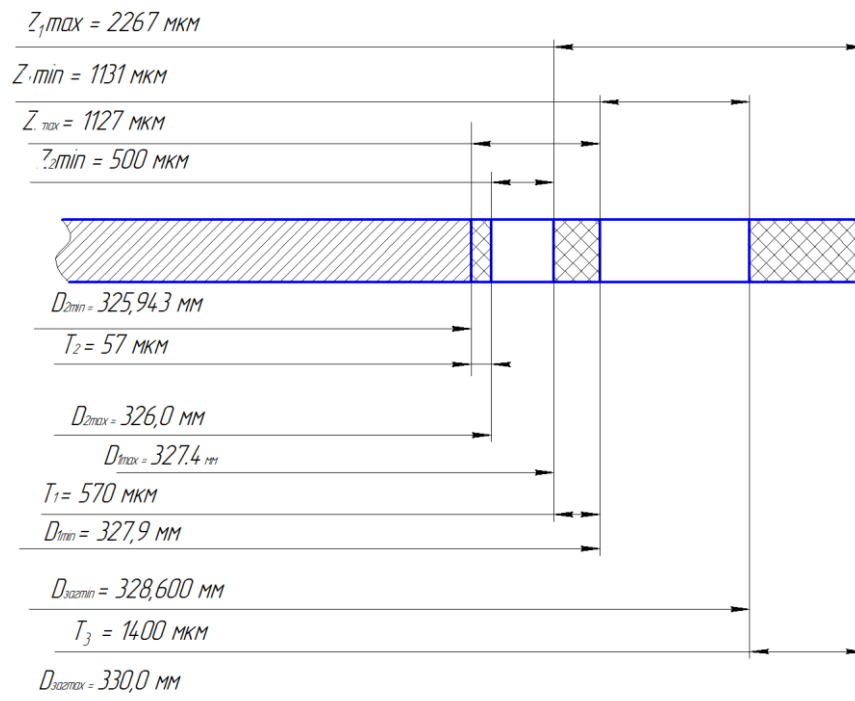


Рисунок А.2 – Схема розташування припусків на обробку поверхні  $\varnothing 326\text{h}7$

### А.6.2 Аналоговий метод

Припуски призначаємо по довідним таблицям, у зворотньому порядку послідовності механічної обробки.

Таблиця А.3 – Припуски на механічну обробку.

Поверхня, що обробляється	Метод обробки	Квалітет точності	Шорсткість $R_a$	Припуск на сторону, мм	Операції з розмірами допусками
Торці	підрізати торець Ø464 до кінця	14	12,5	2,0	464±2,0
	підрізати торець Ø532 до кінця	14	12,5	2,0	532±2,0
Ø326h7	Чистове точіння	7	1,60	0,72	464 -0,17
	точити до кінця	12	3,2	0,85	
	заготовка	14	25	1,7	
Ø178	точити до кінця	14	12,5	1,0	
	заготовка	16	25	3,77	
Ø190	точити до кінця	12	3,2	0,85	
	точити попередньо	14	12,5	1,0	
	заготовка	16	25	1,76	
Ø27,4	Нарізати різьбу М30	11	6,3	0,78	—

### А.7 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø30

Матеріал який оброблюється – Сталь 35Л. Обладнання — радіально-свердильний верстат 2Н55, інструмент – свердло спіральне Ø30 з швидко ріжучої сталі Р6М5 ГОСТ 4010–77; форма заточення свердла – нормальна.

Глибина різання  $t=10$  мм.

З подач призначаємо  $S_0=0,28$  мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента  $T=45$  хв.

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$V_i = \frac{C_v \cdot D^q}{60 \cdot T^m \cdot S_0^q} \cdot k_v = \frac{9,8 \cdot 30^{0,4}}{60 \cdot 4,5^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 0,65 = 0,57 \text{ м/с},$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 165
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

де  $C_v = 9,8$ ;  $q_1 = 0,4$ ;  $y_1 = 0,5$ ;  $m = 0,2$ ;  $k_v = 0,65$  – коефіцієнти які враховують вид обробки.

Обертний момент та вічева сила:

$$M_{об} = 10C_H D^q S^y k_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 30^2 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,68 = 34,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10C_p D^q S^y k_p = 10 \cdot 68 \cdot 30^2 \cdot 0,28^{0,7} \cdot 0,68 = 1119,67 \text{ Н}$$

де значення коефіцієнтів та показників.

$$C_H = 0,0345; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8; \quad C_p = 68; \quad q = 1,0; \quad y = 0,7 \quad - \quad \text{безрозмірні}$$

коефіцієнти для режимів різання.

$K_p = 0,68$  коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки.

Потужність різання:

$$N_c = \frac{M_{об} \cdot n}{9750} = \frac{34,7 \cdot 500}{9750} = 1,77 \text{ кВт},$$

де  $n$  – частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31,4}{3,14 \cdot 30} = 333 \text{ об/хв}.$$

По станку підбираємо наближене значення  $n_\phi = 500$  об/хв тоді фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 500}{1000} = 47,12 \text{ об/хв}.$$

По паспортним даним, потужність станка  $N_{кр} = 5,5$  кВт.

Приймаємо:  $t = 24$  мм,  $S_0 = 0,28$  мм/об,  $n_\phi = 500$  об/хв,  $V_\phi = 47,2$  м/хв,  $N = 1,77$  кВт,

$$S_{XB} = 140 \text{ мм/хв}.$$

#### А.8 Розрахунок норми часу на свердління отворів $\varnothing 30$

Штучно – калькуляційний час на свердління:

$$T_0 = \frac{l + l_{BP} + l_{ПЕР}}{S_{XB}} = \frac{24 + 0,3 \cdot 20 + 0}{140} = 0,21 \text{ хв}$$

де  $l = t = 24$  – довжина поверхні, яка оброблюється, мм;

$l_{BP}$  – довжина врізання, мм;

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						166
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

$l_{\text{пер}}=0$  – довжина перебігу інструменту.

Таблиця А.4 – Норми допоміжного часу.

№ п/п	Найменування дії оператора	Норма часу
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку вручну	0,15
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,04
Всього		0,28

Для одного отвору:

$$T_{ц.к.} = 0,21 + 0,28 = 0,49 \text{ хв.}$$

Для шести отворів:

$$T = 0,49 \cdot 6 = 2,94 \text{ хв.}$$

#### А.9 Опис конструкції та розрахунок пристрою

Для свердління восьми отворів  $\varnothing 30$  розробляємо кондуктор спеціальний. Деталь 1 встановлюється на опорну плиту 2, яка центрується валом 3. Кондукторна плита 4 опускається й центрується на вал і потім закріплюється фіксувальним рычагом.

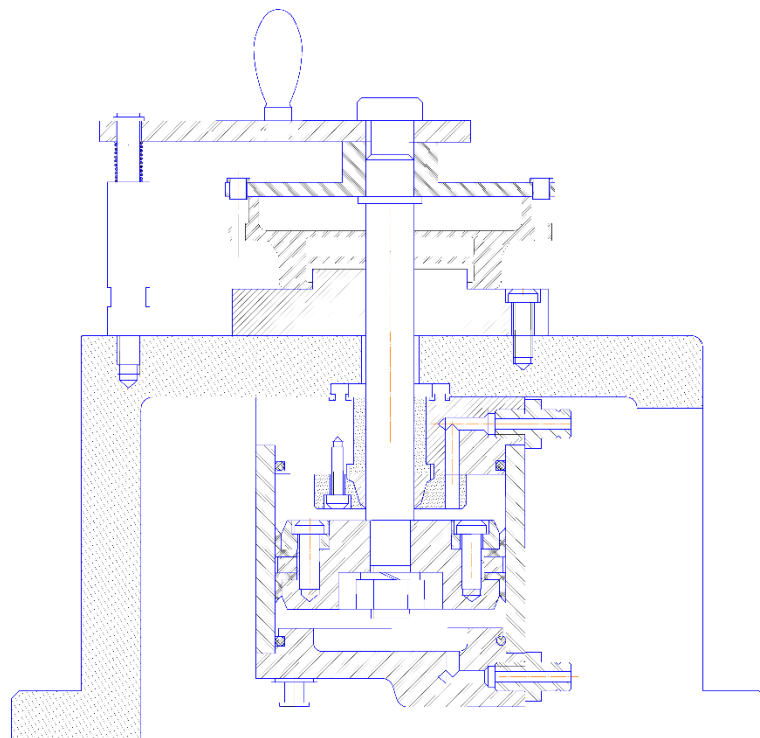


Рисунок А.3 – Кондуктор спеціальний

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 167
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

Опорна плита 2 встановлена на поперечному містку. Свердлення проводиться через швидкозмінні втулки.

Закріплення й фіксування заготовки виконується за допомогою прижиму її фіксувальним рычагом.

Зусилля притискання:

$$F = \frac{2 \cdot M_{MAX} \cdot k}{D} = \frac{2 \cdot 33,9 \cdot 3,5}{0,324} = 513,6 \text{ Н},$$

де  $M_{max} = 33,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$  – максимальний обертовий момент при свердлінні отвору  $\varnothing 20$ ;

$D=0,324 \text{ м}$  – діаметр базової поверхні;

$k = 3,5$  – коефіцієнт запасу.

Тиск в поршні:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{513,6}{0,011} = 46690 \text{ Па},$$

де  $S$  – площа поверхні поршня,  $\text{м}^2$ .

$$S = \pi R^2 = 3,14 \cdot 0,060^2 = 0,011 \text{ м}^2$$

Приймаємо тиск в поршні  $P = 0,4 \text{ МПа}$ .

### Висновок

Розроблено технологічний процес виготовлення деталі – кришки і проектування оснастки і кондуктора для свердління 8 отворів.

У процесі виконання роботи виконано наступні завдання:

1. Визначено умови роботи деталі у вузлі апарату;
2. Проаналізовано конструкцію технологічності деталі
3. Вибрано форму заготовки
4. Обрано технологічні бази
5. Розроблено технологічний процес
6. Визначено припуски на механічну обробку
7. Розраховано режими різання, норми часу при свердлінні отворів  $\varnothing 30$
8. Описано конструкцію та розраховано параметри кондуктора

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						168
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

## Перелік посилань

1. Методические указания к расчету припусков по дисциплине "Технология машиностроения" для студентов специальности 0501/ Сост. В.В. Душинский и др.- К.: КПИ, 1986. -72 с.

2. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении/ Косилова А.Г., Мерещяков Р.К., Калинин М.А. – М.: Машиностроение, 1976. - 288 с.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						169
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Додаток Б

### Автоматичний контроль і керування лінією виробництва пива

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						170
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

## Зміст

Вступ.....	2
Б.1 Аналіз технологічного процесу лінії виробництва пива.....	2
Б.2 Опис функціональної схеми автоматизації віброекструзійної утановки..	4
Висновки.....	11
Перелік посилань.....	11

					ЛН71мп.066165.000ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Пищик Б.І.			Автоматичне регулювання лінії виробництва пива	Лит.	Лист	Листов	
Пров.		Андреев І.А.					1/11	11	
Реценз.						КПІ ім. І.Сікорського, ІХФ, МАХНВ			
Н. контр.									
Утв.									



## Вступ

В автоматизованих системах керування втілені досягнення всіх попередніх ступенів розвитку засобів і методів керування технологічними об'єктами і процесами. У керуванні дуже важливу роль відіграють питання збору і перетворення параметрів, які характеризують хід технологічного процесу.

Автоматичний контроль полегшує працю оператора, але до кінця не вирішена проблема керування складним технологічним процесом, тому на заводах впроваджені і впроваджуються електроннообчислювальні машини. Використання ЕОМ дозволяє виконувати обробку інформації автоматичними пристроями зі швидкістю, що у кілька мільйонів разів перевищує швидкість обробки інформації людиною.

Комплексна автоматизація процесів і апаратів хімічної технології передбачає не тільки автоматичне забезпечення нормального ходу цих процесів з використанням різноманітних автоматичних пристроїв, але і автоматичне управління пуском та зупинкою апаратів для монтажних робіт та в критичних ситуаціях.

### Б.1 Аналіз технологічного процесу лінії виробництва пива

Лінія виробництва пива призначена для виготовлення та пакування слабоалкогольної продукції для потреб населення та харчової промисловості.

Лінія змонтована в цеху і складається з шнекового транспортеру(1 та 3), норії 2, автоматичних вагів 4, та бункерів для світлого солоду 5, темного солоду 6 , карамельного солоду 7 та несолодженої сировини 8.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						170
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

За допомогою шнекового транспортеру 1 солод подається до норії 2. Норія транспортує необхідну кількість продукту на задану висоту, після чого потрапляє в шнековий транспортер 3.

Транспортер розподіляє солод на ваги 4, після чого йде розподілення його в відповідні бункери, в відповідній масі.

Параметри контролю і регулювання представлені в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Параметри контролю і регулювання

Найменування стадії процесу, місце заміру параметра	Найменування параметра	Значення параметра	Вимоги до схеми автоматизації
1	2	3	4
Електродвигун транспортера 1	Частота	3000 об/хв	Регулювання, сигналізація
Електродвигун транспортера 3	Частота	1500 об/хв	Регулювання, сигналізація
Електродвигун норії	Частота	1500 об/хв	Регулювання, сигналізація
Ваги	вага	Задається	Контроль, сигналізація
Бункер	Рівень	0,85 м <sup>3</sup>	Контроль, сигналізація

## Б.2 Опис функціональної схеми автоматизації віброекструзійної

### установки

Функціональна схема автоматизації лінії виробництва пива зображена на окремому листі формату А1, що додається до даної роботи.

Розглянемо окремо всі контури нашої схеми, вказавши параметри, які вони контролюють (регулюють) і комплекти технічних засобів, за допомогою яких цей контроль (регулювання) здійснюється.

Контур 1: Регулювання частоти обертів вала електродвигуна транспортера та контроль і регулювання рівня розчину в дозаторі з їх відповідною сигналізацією.

Контроль і регулювання рівня в дозаторі солоду здійснюється за допомогою системи керування. Сигнал від датчика рівня солоду в бункері подачі подається на реле затримки мікроконтролера (поз. 2-4). Одночасно контролюючий пристрій цього сигналізатора (поз. 2-3) сигналізує за допомогою лампочок про граничні значення рівня солоду (HL3, HL4). Якщо сигнал рівня недостатній, то мікроконтролер (поз. 2-4) за програмою виробляє сигнал затримки, який через певний проміжок часу надходить на блокуючий вхід магнітного пускача (поз. 1-2). Магнітний пускач спрацьовує і зупиняє привід стрічкового транспортера. Тимчасова затримка необхідна для того, щоб відбулося спрацювання залишеного на транспортері матеріалу. Регулювання частоти обертів вала електродвигуна відбувається на основі значення рівня вихідного продукту в дозаторі за допомогою наступних приладів: 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 – перетворювачі обертів – тахогенератор з якого електричний сигнал поступає на 1-2 – магнітний пускач. Магнітний пускач у свою чергу подає свій сигнал електродвигуну транспортера. Відповідно до кожної величини сигналу з магнітного пускача вал електродвигуна обертається з певною частотою. Включення і виключення електродвигуна здійснюється в ручному режимі 1-1 – кнопкою пуску, що розташована на щиті приладів, та сигналізується на щиті лампочками сигналізації.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						172
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Контур 2: Транспортування необхідної кількості продукції норією за допомогою встановлення відповідної сигналізації.

Регулювання положення висоти підйому норією здійснюється такими приладами: 8-1 – витратоміра від якого поступає сигнал до 8-2 – перетворювача сигналів і 8-3 – мікропроцесорного реєстратора. Від реєстратора сигнал подається на 8-4 – електронний регулятор, 7-5, 7-6 – узгоджуючі перетворювачі, де порівнюється отримане значення витрати з заданий значенням і на основі цього створюється керуючий сигнал для 8-7 – магнітного пускача. Магнітний пускач передає підсилений сигнал до 8-10 – виконавчого механізму який відповідно до сигналу зупиняє підйом. Включення і виключення виконавчого механізму здійснюється в ручному режимі 8-8 – кнопкою пуску, що розташована на щиті приладів, та сигналізується на щиті лампочками сигналізації. Лампочки сигналізації сигналізують верхнє граничне і нижнє граничне положення продукту в норії.

Контур 3: Регулювання частоти обертів вала електродвигуна транспортера та контроль і регулювання рівня розчину на вагах з їх відповідною сигналізацією.

Контроль і регулювання рівня в норії солоду здійснюється за допомогою системи керування. Сигнал від датчика рівня солоду в норії подається на реле затримки. Одночасно контролюючий пристрій цього сигналізатора (поз. 2-3) сигналізує за допомогою лампочок про граничні значення рівня солоду (HL3, HL4). Якщо сигнал рівня недостатній, то мікроконтролер (поз. 2-4) за програмою виробляє сигнал затримки, який через певний проміжок часу надходить на блокуючий вхід магнітного пускача (поз. 1-2). Магнітний пускач спрацьовує і зупиняє привід стрічкового транспортера. Тимчасова затримка необхідна для того, щоб відбулося спрацювання залишеного на транспортері матеріалу. Регулювання частоти обертів вала електродвигуна відбувається на основі значення рівня вихідного продукту в дозаторі за допомогою наступних приладів: 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 – перетворювачі обертів – тахогенератор з якого електричний сигнал поступає на 1-2 – магнітний пускач. Магнітний пускач у свою чергу подає свій сигнал

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						173
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

електродвигуну транспортера. Відповідно до кожної величини сигналу з магнітного пускача вал електродвигуна обертається з певною частотою. Включення і виключення електродвигуна здійснюється в ручному режимі 1-1 – кнопкою пуску, що розташована на щиті приладів, та сигналізується на щиті лампочками сигналізації.

Контур 4: Подача необхідної кількості продукту на ваги.

Контроль рівня сировини на вагах здійснюється наступними приладами: 11-1 – первинним вимірювальним перетворювачем акустичного рівнеміра від якого сигнал передається до 11-2 – проміжного вимірювального перетворювача і до 11-3 – потенціометра сигналізуючого сигнал від яких відповідно перетворений подається на 11-4 – мікроконтролер. Мікроконтролер створює керуючий вплив 7-2 – магнітному пускачу, а той в свою чергу підсилює сигнал і передає його на електродвигун, який відповідно до кожного сигналу має певну частоту обертів вала. Граничні значення рівня сировини на вагах сигналізуються лампочками.

Контур 5: Подача зваженої сировини в бункери для подальшої обробки.

Контроль подачі здійснюється за допомогою 16-2 – магнітного пускача який отримує завдання на включення або виключення в ручному режимі 16-1 – кнопкою пуску, що розташована на щиті приладів, та сигналізується на щиті лампочками сигналізації.

Контур 6: Регулювання рівня заповнення бункерів

Регулювання рівня заповнення бункера залежить від характеристик продукту, тому регулювання заповнення здійснюється за рахунок рівнеміра, перетворювача сигналу та потенціометра від яких сигнал передається на мікроконтролер. Мікроконтролер подає сигнал на магнітний пускач (поз. 3.2 та поз. 7.2), який передає підсилений сигнал на ваги і тим самим задає певну кількість необхідної сировини. Включення і виключення подачі може здійснюється в ручному режимі 3-1 – кнопкою пуску, що розташована на щиті приладів, та сигналізується на щиті лампочками сигналізації.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						174
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

У схемі застосовується блокування: у випадку невиконання умов нормальної роботи установки (відсутність сировини, зупинка транспортера та ін.) негайно відключається частина лінії.

Перелік необхідних приладів та засобів автоматизації наведено в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Номер позиції за схемою	Найменування параметра	Найменування параметрів, середовища і місця відбору імпульсу	Місце установки	Найменування характеристики	Кількість
1	2	3	4	5	7
1-1, 6-1, 9-1, 16-1	Напруга	Двигуни транспортерів	щит	Кнопка пуску	4
1-2, 6-2, 9-2, 16-2			місцеві	Магнітний пускач	4
1-3, 6-3, 9-3, 16-3				Кнопка пуску	4
2-1	Рівень	Ваги	місцеві	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнемір	1
2-2				Проміжний вимірювальний перетворювач	1
2-3			щит	Потенціометр сигналізуючий	1

продовження таблиці Б-2

4-1 8-1	Витрати	Подача продукту на ваги	місцеві	Витратомір	2
4-2 8-2				Перетворювач сигналу	2
4-3 8-3			щит	Реєстратор мікропроцесорний технологічний	2
4-4 8-4				Регулятор електронний	2
4-5 8-5				Байпасна панель	2
4-6 8-6				Перетворювач узгоджуючий	2
4-7 8-7			місцеві	Магнітний пускач	2
4-8, 8-8			щит	Кнопка пуску	4
4-9, 8-9			місцеві		
11-1	Рівень	Бункер	місцеві	Первинний виміровальний перетворювач акустичного рівнемір	1
11-2				Проміжний вимірювальний перетворювач	1
11-3			щит	Потенціометр сигналізуючий	1
HL1 HL2 HL13 HL14 HL19 HL20 HL31 HL32	Сигналі- зація	Транспортери	щит	Лампа сигналізації	8

продовження таблиці Б-2

HL1 HL2 HL13 HL14 HL19 HL20 HL31 HL32	Сигналі- зація	Транспортери	щит	Лампа сигналізації	8
HL3 HL4 HL5 HL6 HL7 HL8 HL9 HL10 HL11 HL12 HL15 HL16 HL17 HL18 HL21 HL22	Сигналі- зація	Норія	щит	Лампа сигналізації	16
HL23 HL24 HL25 HL26 HL27 HL28 HL29 HL30	Сигналі- зація	ваги	щит	Лампа сигналізації	8
HL33 HL34 HL35 HL36	Сигналі- зація	Бункер	щит	Лампа сигналізації	4



## Висновки

В магістерській дисертації розроблено схему автоматизації лінії виробництва пива. Підібрані прилади та устаткування для роботи установки.

## Перелік посилань

1. Лукінюк М.В., Сташкевич П.М., Самсонов В.О.. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсів «Автоматизація виробничих процесів», «Технологічні вимірювання і прилади», «Контроль та керування хіміко-технологічними процесами» – К.: Політехніка, 2003. – Част. 1.
2. Методичні вказівки до дипломного проектування по розділі «Автоматизація виробничих процесів» Київ «КП» 1987 р.
3. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський. 2-е вид. перероб. та доп.-М.: 1990.- 464с.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						178
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

## **Додаток В**

### **Документація до патентного дослідження**

## РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71мп.066165 РП

Найменування теми Теплообмінник

Шифр теми ЛН71мп.066165.001

Етап Проектування теплообмінника «труба в трубі» та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень ЛН71мп.066165, 20.09.2018

Обґрунтування регламенту пошуку:

**Предмет пошуку** – теплообмінник «труба в трубі».

**Мета пошуку інформації** – визначення патентної ситуації щодо теплообмінника (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці)

**Визначення держав пошуку.** Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Німеччина, Китай.

**Ретроспективність.** Термін дії патенту на винахід в Україні – 22 роки, регламент пошуку встановлюємо такий: 2015–2018 рр.

**Класифікаційні індекси.** Міжнародна патентна класифікація:

МПК – C02F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 665.612.2

**Джерела інформації.** 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту. 2) Науково-технічна інформація: монографії з технології тепло та масообміну, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Початок пошуку 20.09.2018

Закінчення пошуку 28.09.2018

Таблиця В.1 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держав а пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро спек- тивніс ть пошу ку	Джерела інформації
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Теплообмінник «труба в трубі»	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна , США, Китай, Німеччи нна	МПК – CO2F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00. УДК 665.612.2	2015–2018	Національний й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; УРЖ “Джерело” (1995–2006 рр.). Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с.

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № ЛН71мп.066165 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень: ЛН71мп.066165, 20.09.2018.

Етап: проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:  
ЛН71мп.066165, 23.09.2018.

Номер, дата регламенту пошуку: ЛН71мп.066165, 24.09.2018.

Початок пошуку: 25.09.2018 Закінчення пошуку: 28.09.2018

Таблиця В.2 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	Відо- мости щодо їхньої дії
1	2	3
Теплообмінник «труба в трубі»	Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І.О., Андреев І.А., Гайдін Є.М. (Ua); НТУУ"КПІ"; Заявка № 201606503, 14.06.2016; Опубл. 26.12.2016. № 112663/ЗУ/13	Діє
Теплообмінник «труба в трубі»	Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І.О., Андреев І.А., Панченко Д. В. (Ua); НТУУ"КПІ"; Заявка № 201705799, 12.06.2017; Опубл. 10.11.2017. № 120697/ЗУ/13	Діє
Теплообмінник «труба в трубі»	Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І.О., Андреев І.А., Мішуков С.Г. (Ua); НТУУ"КПІ"; Заявка № 201708938, 08.09.2017; Опубл. 25.01.2018. № 122867/ЗУ/13	Діє
Double tube, heat exchanger and method	Double tube, heat exchanger and method / Yasutaka Wada (US); №0074592A1, Publicate date 10.08.2017	Діє
A heat exchange plate	A heat exchanger plate for a plate heat exchanger / D. F. Yamoto (CN); №208108885 U, Publicate data 16.11.2018.	Діє

Таблиця В.3 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
1	2	3
Теплообмінник	Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судakov Е.М. “Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающий промышленности”	Л., Химия, 1974. – 374 стр.

Таблиця В.4 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Теплообмінник «труба в трубі»	Україна, США, Німеччина Японія, Китай	МПК – CO2F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00. УДК 665.612.2	Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті <a href="http://ep.espacenet.com/">http://ep.espacenet.com/</a> <a href="http://ukrpatent.org/">http://ukrpatent.org/</a>	Описи винаходів патентів України Описи корисних моделей патентів України Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені Інтернет-сайти Укрпатенту, Європейського патентного відомства, патентного відомства США	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Плановский А.Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии М.: Химия, 1972. - 496 с

## РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71мп.613245 РП

Найменування теми Теплообмінник

Шифр теми ЛН71мп.613245.001

Етап Проектування дробарки та її складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень ЛН71мп.613245,  
15.09.2018

Обґрунтування регламенту пошуку:

**Предмет пошуку** – дробарка.

**Мета пошуку інформації** – визначення патентної ситуації щодо дробарки (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці)

**Визначення держав пошуку.** Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Німеччина, Китай.

**Ретроспективність.** Термін дії патенту на винахід в Україні – 22 роки, регламент пошуку встановлюємо такий: 2016–2018 рр.

**Класифікаційні індекси.** Міжнародна патентна класифікація:

МПК – F28F 1/00, 1/10, 1/40, 1/36, 3/00, 3/02, 3/04, 3/08, 9/02, 9/00, 9/013; 13/14, F26D 7/00, F28D 7/00, 9/00, 9/02, 9/26.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 665.612.2

**Джерела інформації.** 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту. 2) Науково-технічна інформація: монографії з технології тепло та масообміну, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Початок пошуку 19.09.2018

Закінчення пошуку 29.09.2018



Таблиця В.5 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держав а пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро спек- тивніс ть пошу ку	Джерела інформації
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Дробарка	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна , США, Китай, Німеччина	МПК – F28F 1/00, 1/10, 1/40, 1/36, 3/00, 3/02, 3/04, 3/08, 9/02, 9/00, 9/013; 13/14, F26D 7/00, F28D 7/00, 9/00, 9/02, 9/26. УДК 665.612.2	2017–2018	Національний й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; УРЖ “Джерело” (1995–2006 рр.). Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с.

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № ЛН71мп.613245 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень: ЛН71мп.613245, 18.09.2018.

Етап: проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:  
ЛН71мп.613245, 25.09.2018.

Номер, дата регламенту пошуку: ЛН71мп.613245, 26.09.2018.

Початок пошуку: 26.09.2018 Закінчення пошуку: 29.09.2018

Таблиця В.6 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	Відо- мості щодо їхньої дії
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Дробарка валкова	Дробарка валкова / Суков Г.С., Кисельов О.Г.(Ua); Закрите акціонерне товариство «Новокраматорський завод»; Заявка № 201605010, 17.07.2016; Опубл. 25.07.2017. № 55110	Діє
Дробарка валкова	Валкова дробарка / Котречко О.О., Дубровін В.О., (Ua), Національний університет біоресурсів, Заявка № UA201710075U, 15.01.2017, Публ. 20.05.2017, №85997U1	Діє
Дробарка валкова	Валкова дробарка / Руденко О. В., Степанюк А. Р. (Ua); НТУУ"КПІ"; Заявка № 201314542, 12.12.2013; Опубл. 25.07.2014. № 91899U	Діє
Crusher	J.G. Chi Choso (Cn); №014754A1, Pubicate data 26.10.2016	Діє
Crusher	Crusher / Kwoto Namatosi (Cn); №1795710A1, Pubicate data 21.06.2018	Діє

Таблиця В.7 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
1	2	3
Дробарка	Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химических технологий. Учебное пособие для вузов/Под П. Г. Романкова	Л.: Химия, 1987. – 576 стр.

Таблиця В.8 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його скл. част.)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Дробарка	Україна, США, Німеччина Японія, Китай	МПК – F28F 1/42, 1/10, 1/22, 1/36, 9/02, 9/00, 9/013; F26D 7/00, 7/10, 1/047, 7/16 УДК 665.612.2	Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті <a href="http://ep.espacenet.com/">http://ep.espacenet.com/</a> <a href="http://ukrpatent.org/">http://ukrpatent.org/</a>	Описи винаходів патентів України Описи корисних моделей патентів України Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені Інтернет-сайти Укрпатенту, Європейського патентного відомства, патентного відомства США	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Плановский А.Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии М.: Химия, 1972. - 496 с

## Додаток Г

### Таблиця ідентифікаторів, блок-схема розрахунку опори теплообмінника «труба в трубі»

					ЛН71мп.066632.001 ПЗ	Арк.
						190
Змн.	Арк.	№ докум.	Піппис	Лат		

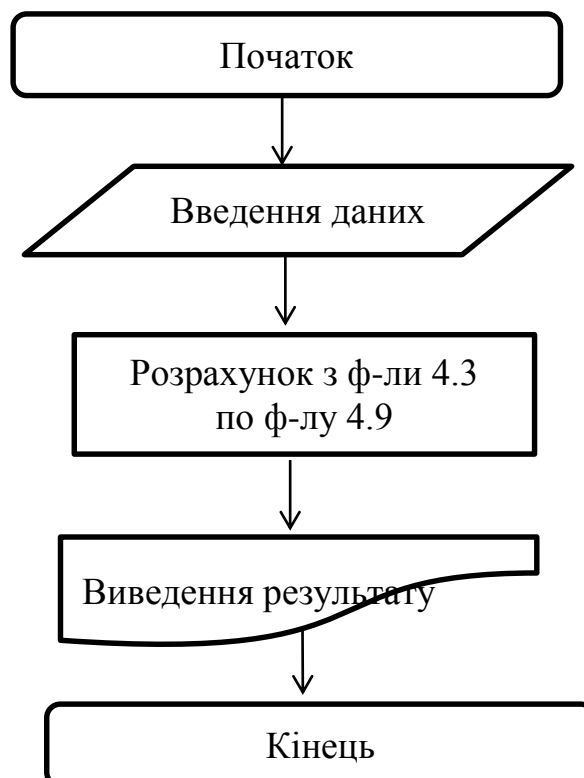
Таблиця ідентифікаторів до програми розрахунку опори теплообмінника наведена в таблиці Г.1.

Таблиця Г.1 – Ідентифікатори програми.

Найменування	Програмний ідентифікатор	Позначення	Розмірність
Маса апарата	m	m	кг
Довжина опори	l	l	м
Допустиме напруження	$\sigma_d$	$[\sigma]$	МПа
Сила, яка діє на одну опору	N	N	Н
Площа перерізу швелера	F	F	см <sup>2</sup>
Коефіцієнт зменшення головного допустимого напруження	$\varphi$	$\varphi$	-
Коефіцієнт зведення довжини	$\nu$	$\nu$	-
Мінімальний радіус інерції	i	$i_{min}$	м
Гнучкість	$\lambda$	$\lambda$	-

Блок-схема алгоритму програми розрахунку діаметрів штуцерів наведена на рисунку Г.1.

Рисунок Г.1 – Блок-схема алгоритму програми розрахунку



Програма розрахунку опори:

$$m := 2900$$

$$l := 3$$

$$\sigma_d := 147$$

$$g := 9.81$$

$$N := \frac{(m \cdot g)}{6} = 4.742 \times 10^3$$

$$F := 10.9 \cdot 10^{-4}$$

$$\sigma := \frac{N}{F} = 4.35 \times 10^6$$

$$\sigma \leq \sigma_d$$

$$\nu := 0.5$$

$$i := 0.0399$$

$$\lambda := \frac{(\nu \cdot l)}{i} = 37.594$$

$$\varphi := 0.81$$

$$\sigma_d \cdot \varphi = 119.07$$

$$\sigma_d \cdot \varphi > \sigma$$

					ЛН71мп.066632.001 ПЗ	Арк.
						192
Змн.	Арк.	№ док.м.	Піппис	Лат		

**Додаток Д**

**Таблиці для стартап - проекту**

					ЛН71мп.066632.001 ПЗ	Арк.
						193
Змн.	Арк.	№ докум.	Піппис	Лат		



Таблиця 8.6 - Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Закони України про правовий захист підприємства	Захист майна безпека праці, та інтелектуальної власності	Зміна законодавства України в негативну сторону	Вчасна оплата податків
Оподаткування	Захист від підробки	Втрата довіри клієнтів, внаслідок втрати сертифікатів	Вчасне вивчення усіх законів , які мають відношення до цих галузей
Інтелектуальна власність та закони про захист інтелектуальної власності	Захист власних розробок	Викрадення та копіювання ідей	Наймання спеціаліста з захисту інтелектуальної власності Патентування. Охорона приміщення
Зростання кримінальності в Україні	—	Втрата майна та коштів	Наймання охорони та встановлення сигналізації

Таблиця 8.8 - Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Наукові відкриття	Впровадження нових ідей та проектів	Не актуальність власних розробок	Моніторинг та активна участь в наукових розробках
Низький технічний рівень країни	Створення власної монополії	Забезпечення поставок обладнання з провідних країн	Власне виробництво більшості необхідного обладнання

Таблиця 8.7 - Підсумкова таблиця факторів економічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Підвищення ціни на оренду обладнання та землі	-	Підвищення ціни на послуги	Створення нових амортизуючих проектів, які будуть реалізовані на інших ринках
Наявність «маятникової» кризи	-	Зміна інтересів споживачів	Створення нових амортизуючих проектів, які будуть реалізовані на інших ринках
Збільшення цін на енергоресурси	Створення нових проектів енергозбереження	Зменшення обсягу виконання робіт	Створення енергоефективного виробництва

Таблиця 8.9 - Підсумкова таблиця факторів природного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Стихійні фактори (урагани та інше)	Проекти відновлення	Руйнування інфраструктури	Проекти по застосуванню інновацій в будівництві
Аварії техногенного походження	Проекти відновлення	Руйнування інфраструктури	Проекти по застосуванню інновацій в будівництві

## **Додаток К**

### **Патенти, які використані в патентному дослідженні**



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **112663**

(13) **U**

(51) МПК

**F28D 7/10** (2006.01)

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2016 06503**

(22) Дата подання заявки: **14.06.2016**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **26.12.2016**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **26.12.2016, Бюл.№ 24**

(72) Винахідник(и):

**Андреев Ігор Анатолійович (UA),  
Мікульонок Ігор Олегович (UA),  
Гайдін Євгеній Миколайович (UA)**

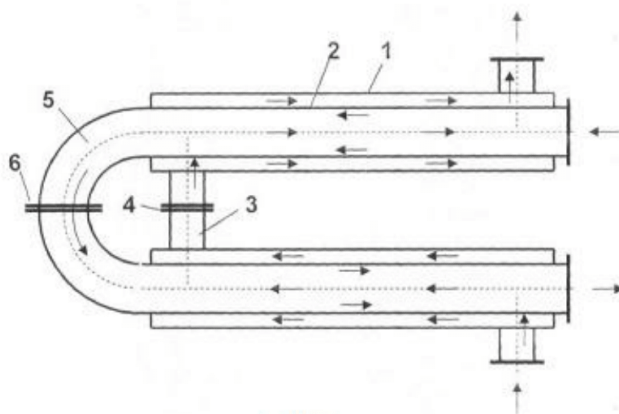
(73) Власник(и):

**Андреев Ігор Анатолійович,  
просп. Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ,  
03162 (UA),  
Мікульонок Ігор Олегович,  
вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02218  
(UA),  
Гайдін Євгеній Миколайович,  
вул. Металістів, 5, кв. 610, м. Київ, 03057  
(UA)**

**(54) ТЕПЛООБМІННИК "ТРУБА В ТРУБІ"**

(57) Реферат:

Теплообмінник "труба в трубі" містить сукупність співвісно розміщених горизонтальних труб, зовнішні з яких з'єднано між собою за допомогою прямолінійних патрубків з горизонтальними фланцями, а внутрішні - за допомогою криволінійних патрубків з фланцями, причому фланці криволінійних патрубків виконано горизонтальними.



Фіг.

**UA 112663 U**



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120697** (13) **U**

(51) МПК (2017.01)

**F28D 7/10** (2006.01)

**F28F 1/00**

**F28F 1/10** (2006.01)

**F28F 1/40** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2017 05799**  
(22) Дата подання заявки: **12.06.2017**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.11.2017**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.11.2017, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):  
**Мікульонок Ігор Олегович (UA),**  
**Андрєєв Ігор Анатолійович (UA),**  
**Панченко Дмитро Володимирович (UA)**  
(73) Власник(и):  
**Мікульонок Ігор Олегович,**  
вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02218 (UA),  
**Андрєєв Ігор Анатолійович,**  
пр-кт Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ, 03162 (UA),  
**Панченко Дмитро Володимирович,**  
вул. Металістів, 8, кв. 539, м. Київ, 03057 (UA)

**(54) ТЕПЛООБМІННИК "ТРУБА В ТРУБІ"**

**(57) Реферат:**

Теплообмінник "труба в трубі" містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, з'єднані між собою за допомогою калачів з фланцями. На внутрішній поверхні калачів виконані спіральні ребра. Кожний з калачів виготовлено з двох зварених між собою штампованих половинок.

**UA 120697 U**



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122867** (13) **U**  
(51) МПК  
**F28D 7/10** (2006.01)

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

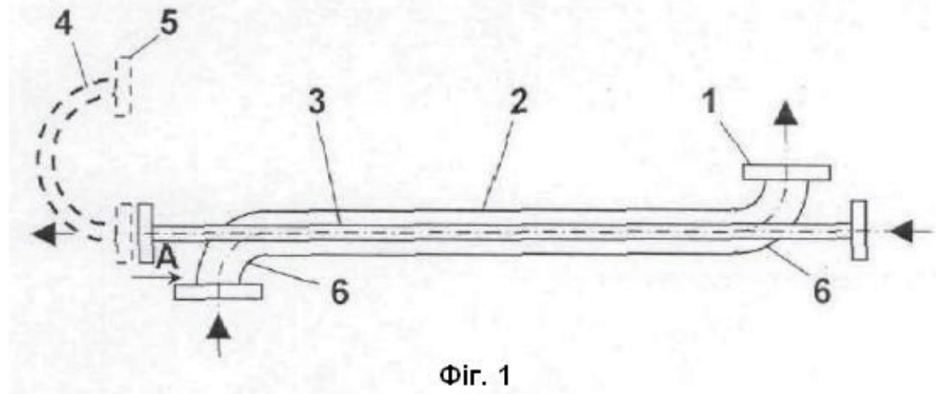
(21) Номер заявки: **u 2017 08938**  
(22) Дата подання заявки: **08.09.2017**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.01.2018**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.01.2018, Бюл.№ 2**

(72) Винахідник(и):  
**Мікульонок Ігор Олегович (UA),  
Андрєєв Ігор Анатолійович (UA),  
Мішуков Станіслав Геннадійович (UA)**  
(73) Власник(и):  
**Мікульонок Ігор Олегович,  
вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02218 (UA),  
Андрєєв Ігор Анатолійович,  
просп. Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ, 03162 (UA),  
Мішуков Станіслав Геннадійович,  
вул. Кирпоноса, 11/10, кв. 13, м. Київ, 03190 (UA)**

**(54) ТЕПЛООБМІННИК "ТРУБА В ТРУБІ"**

**(57) Реферат:**

Теплообмінник "труба в трубі", що містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них прямолінійні внутрішні труби, з'єднані між собою за допомогою калачів з фланцями. Патрубки утворено у вигляді зігнутих на 90° кінцевих ділянок зовнішніх труб.





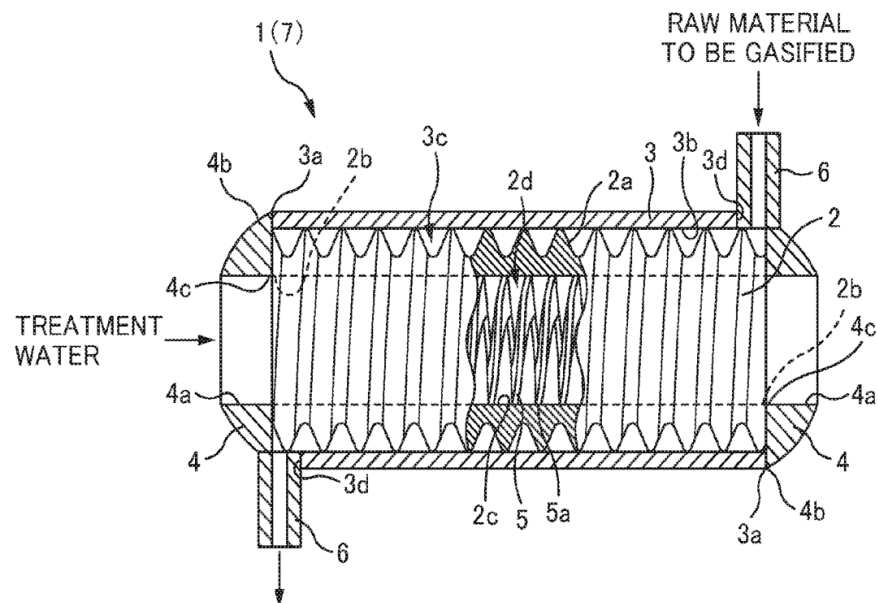
US 20170074592A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**  
**WADA et al.**(10) **Pub. No.: US 2017/0074592 A1**(43) **Pub. Date: Mar. 16, 2017**(54) **DOUBLE TUBE, HEAT EXCHANGER, AND METHOD TO MANUFACTURE DOUBLE TUBE**(71) Applicants: **THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.**, Hiroshima-shi, Hiroshima (JP); **HIROSHIMA UNIVERSITY**, Hiroshima-shi, Hiroshima (JP); **TOYO KOATSU CO., LTD.**, Hiroshima-shi, Hiroshima (JP)(21) Appl. No.: **15/123,495**(22) PCT Filed: **Mar. 5, 2014**(86) PCT No.: **PCT/JP2014/055694**

§ 371 (c)(1),

(2) Date: **Sep. 2, 2016****Publication Classification**(51) **Int. Cl.**  
**F28D 7/02** (2006.01)  
**B23P 15/26** (2006.01)(52) **U.S. Cl.**  
CPC ..... **F28D 7/02** (2013.01); **B23P 15/26** (2013.01)(72) Inventors: **Yasutaka WADA**, Hiroshima-shi (JP); **Haruhito KUBOTA**, Hiroshima-shi (JP); **Yukimasa YAMAMURA**, Hiroshima-shi (JP); **Ichiro UCHIYAMA**, Hiroshima-shi (JP); **Keiji OYAMA**, Hiroshima-shi (JP); **Toshiki YAMASAKI**, Hiroshima-shi (JP); **Yukihiko MATSUMURA**, Hiroshima-shi (JP); **Yoshifumi KAWAI**, Hiroshima-shi (JP); **Takashi NOGUCHI**, Hiroshima-shi (JP)(73) Assignees: **THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.**, Hiroshima-shi, Hiroshima (JP); **HIROSHIMA UNIVERSITY**, Hiroshima-shi, Hiroshima (JP); **TOYO KOATSU CO., LTD.**, Hiroshima-shi, Hiroshima (JP)(57) **ABSTRACT**

A double tube and the like includes: a cylindrical outer tube; a cylindrical inner tube including a helical protrusion in an outer circumferential surface, the inner tube being provided inside the outer tube; and a helical flow passage forming member that forms a helical flow passage inside the inner tube, the helical flow passage forming member being provided inside the inner tube.



(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)实用新型专利



(10)授权公告号 CN 208108885 U

(45)授权公告日 2018.11.16

(21)申请号 201820595155.8

(22)申请日 2018.04.25

(73)专利权人 淄博凯志化工设备制造有限公司

地址 255000 山东省淄博市淄川区杨寨杨  
萌路中段

(72)发明人 董加亮 尹燕生 韩仲平 董小姣  
李晓峰

(51)Int.Cl.

F28D 7/16(2006.01)

F28F 9/013(2006.01)

F28F 9/02(2006.01)

F28F 21/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

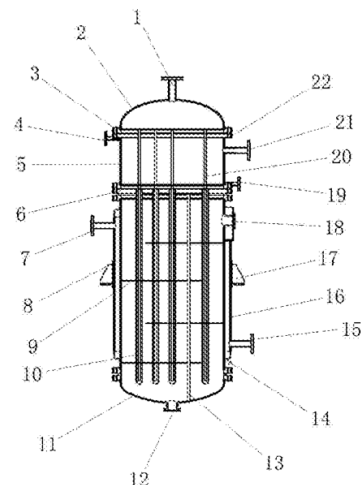
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

### (54)实用新型名称

双管板式搪玻璃列管换热器

### (57)摘要

本实用新型提供了一种双管板式搪玻璃列管换热器,该技术方案采用双管板结构设计,由于管程和壳程分别采用各自的管板进行连接,打破传统列管换热器管程和壳程共用一个连接管板的模式,最大限度的降低了交叉污染的风险,便于及时发现泄漏隐患;同时由于设置了导向管,使管程介质充分作用于搪玻璃换热管内,确保用户安全地生产。此外,双管板结构由于采用一侧管板,另一侧四氟折流板固定,不会因物料温度差大使换热管基体材料微量伸缩制造成崩瓷现象,防止由此现象造成的安全事故。







УКРАЇНА

(19) UA (11) 55110 (13) U

(51) МПК  
B02C 4/02 (2006.01)  
B02C 4/28 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ВАЛКОВА ДРОБАРКА

1

(21) u201005010  
(22) 26.04.2010  
(24) 10.12.2010  
(46) 10.12.2010, Бюл. № 23, 2010 р.  
(72) СУКОВ ГЕННАДІЙ СЕРГІЙОВИЧ, КИСЕЛЬОВ  
ОЛЕКСАНДР ГРИГОРОВИЧ, ВОЛЬВАЧ ОЛЕК-  
САНДР ЄВГЕНІЙОВИЧ, ЦІВКОВСЬКИЙ ОЛЕК-  
САНДР ГРИГОРОВИЧ  
(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "НО-  
ВОКРАМАТОРСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗА-  
ВОД"

2

(57) Валкова дробарка, що містить установлені з зазором на рамі два валки, а також допоміжний пристрій для дроблення, що складається з пластин різного розміру, закріплених на рамі за допомогою стрижня, у порядку збільшення розміру пластин до його основи з умови утворення ступінчастої бічної поверхні, яка **відрізняється** тим, що пластини допоміжного пристрою виконані з поглибленнями по всій горизонтальній поверхні утворених ступенів.

Корисна модель відноситься до галузі дроблення матеріалу, а саме до валкових дробарок і може бути використана в гірничодобувній, будівельній і інших галузях промисловості.

Відома валкова дробарка (див., наприклад, опис до деклараційного патенту України №28772 А, МПК B02C4/02), що складається з установлених на рамі робочих валків і допоміжного пристрою для дроблення.

Однак інтенсивний знос бічних поверхонь допоміжного пристрою матеріалом, що подрібнюється, значно знижує термін служби валкової дробарки до проведення ремонтних робіт.

Для усунення цих недоліків була запропонована конструкція валкової дробарки (див., наприклад, опис до патенту України на корисну модель №15917, МПК B02C4/02) у який відбувається самофутерівка ступінчастої бічної поверхні допоміжного пристрою для дроблення. Ця валкова дробарка найбільш близька до той, що заявляється по сукупності істотних ознак і приймається як прототип. Однак, у відомій конструкції самофутерівка відбувається в недостатньому ступені, із-за того, що подрібнюваний матеріал не цілком покриває ступені бічної поверхні.

Відома валкова дробарка і та, що заявляється, мають наступні подібні ознаки, а, саме, установлені с зазором на рамі два валки, а також допоміжний пристрій для дроблення, що складається з пластин різного розміру, закріплених на рамі за допомогою стрижня, у порядку збільшення розміру

пластин до його основи з умови утворення ступінчастої бічної поверхні.

В основу корисної моделі поставлена задача, створити валкову дробарку з підвищеною довговічністю шляхом зменшення зносу і за рахунок технічного результату, що полягає в поліпшенні самофутерівки поверхні допоміжного пристрою для дроблення.

Цей технічний результат досягається тим, що у валковій дробарці, що містить установлені з зазором на рамі два валки, а також допоміжний пристрій для дроблення, що складається з пластин різного розміру, закріплених на рамі за допомогою стрижня, у порядку збільшення розміру пластин до основи з умови утворення ступінчастої бічної поверхні, - пластини допоміжного пристрою виконані з поглибленнями по всій горизонтальній поверхні утворених ступенів.

Між відмітними ознаками корисної моделі і технічним результатом мається причинно-наслідковий зв'язок.

У результаті виконання пластин допоміжного пристрою з поглибленнями по всій горизонтальній поверхні утворених ступенів, у поглибленнях затримується матеріал, що подрібнюється, і досягається поліпшення самофутерівки ступенів.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображений загальний вид валкової дробарки.

Валкова дробарка містить установлені з зазором на рамі 1 валки 2, а також допоміжний при-

(19) UA (11) 55110 (13) U



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **85997** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**B02C 4/00**

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

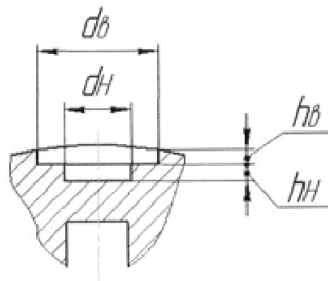
(21) Номер заявки: **u 2013 07060**  
(22) Дата подання заявки: **04.06.2013**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.12.2013**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.12.2013, Бюл. № 23**

(72) Винахідник(и):  
**Котречко Олексій Олексійович (UA),  
Дубровін Валерій Олександрович (UA),  
Войтюк Дмитро Григорович (UA),  
Іщенко Валерій Васильович (UA)**  
(73) Власник(и):  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ,  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041  
(UA)**

**(54) ВАЛКОВА ДРОБАРКА**

**(57) Реферат:**

Валкова дробарка містить два валки з гладкими бандажами, встановлені на валах, один із яких обертається у нерухомих підшипниках, а другий у рухомих. На робочій поверхні бандажів виконані заглиблення у вигляді верхньої і нижньої впадин з діаметрами  $d_b$  і  $d_n$ , співвідношення розмірів яких становить  $d_b:d_n = 1,8-2,3$ . Глибини впадин беруть у залежності від величини діаметрів відповідно для верхньої  $h_b$  і нижньої  $h_n$  рівними  $h_b = (0,12-0,15)d_b$  і  $h_n = (0,15-0,20)d_n$ .



**Фиг. 1**

**UA 85997 U**



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **91899** (13) **U**  
(51) МПК (2014.01)  
**B02C 4/00**

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2013 14542**  
(22) Дата подання заявки: **12.12.2013**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.07.2014**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.07.2014, Бюл.№ 14**

(72) Винахідник(и):  
**Руденко Олександр Володимирович (UA),**  
**Степанюк Андрій Романович (UA)**  
(73) Власник(и):  
**Руденко Олександр Володимирович,**  
вул. Прирічна, 35, кв. 20, м. Київ, 04213 (UA),  
**Степанюк Андрій Романович,**  
пр. В. Маяковського, 66-а, кв. 132, м. Київ, 02232 (UA)

**(54) ВАЛКОВА ДРОБАРКА**

**(57) Реферат:**

Валкова дробарка містить станину, виконану у вигляді сталеві або чавунної плити, на якій встановлені опорні механізми, корпус підшипників з підшипниками, вали, валки, опорні механізми, пружини, клинопасову передачу, що складається з двох шківів та клиновидного паса, шестерень. Ведучий валок виконаний з виступами, діаметр яких складає не менше 3 % діаметра впадин вала, кількість їх щонайменше два.

**UA 91899 U**



(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205659727 U

(45)授权公告日 2016. 10. 26

(21)申请号 201620515531.9

(22)申请日 2016.05.31

(73)专利权人 武汉华柏阳光硅材料有限公司

地址 430415 湖北省武汉市阳逻经济开发区平江西路北段华柏阳光工业园

(72)发明人 王昭

(74)专利代理机构 广州市红荔专利代理有限公司 44214

代理人 张文

(51)Int. Cl.

B02C 4/32(2006.01)

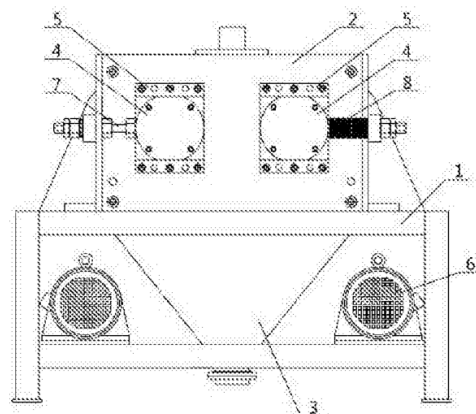
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

### (54)实用新型名称

一种对辊破碎机

### (57)摘要

本实用新型公开了一种对辊破碎机,包括机座和设置在机座上的壳体,所述壳体下方连接有料斗,在壳体内装有一对用于粉碎块状物料的辊轮,所述辊轮由安装在壳体前、后壁的辊轮轴承支撑,并由安装在机座上的电机驱动旋转,其中位于壳体左侧的辊轮轴承与壳体侧壁之间设置有固定拉杆,位于壳体右侧的辊轮轴承与壳体侧壁之间设置有调节弹簧。本实用新型通过在左侧辊轮轴承与壳体侧壁之间设置固定拉杆,使左侧辊轮在粉碎物料的过程中不发生位置偏移,仅通过右侧辊轮在调节弹簧弹力作用下左右偏移,来调节两辊轮之间的间隙,从而保障了设备对辊间隙的稳定性,提高了出料粒度稳定性及加工效率。





(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월09일

(11) 등록번호 10-1795710

(24) 등록일자 2017년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B02C 4/02 (2006.01) B02C 4/42 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
B02C 4/02 (2013.01)  
B02C 4/42 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0114138

(22) 출원일자 2016년09월05일

심사청구일자 2016년09월05일

(56) 선행기술조사문헌

KR100482510 B1\*

US20050077406 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 리텍

서울특별시 금천구 가산디지털1로 196, 802호 (가산동, 가산동에이스테크노타워10차)

(72) 발명자

정일섭

서울특별시 종로구 종로 183, B동 1207호 (인의동, 효성주얼리시티)

임성윤

경기도 용인시 기흥구 석성로 103-1, B동 301호 (마북동, 삼익리베리움)

정윤지

경기도 광명시 금당로 13, 706동 1510호 (하안동, 고층주공아파트)

(74) 대리인

황정현

전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 전병호

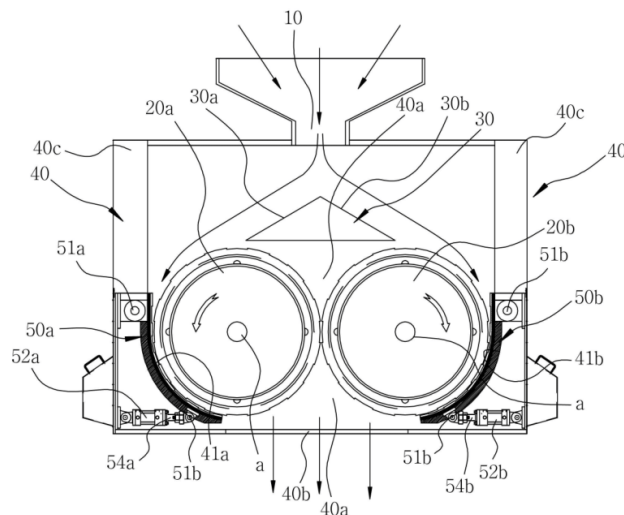
(54) 발명의 명칭 좌,우로 역회전되는 한쌍의 롤라이너로 구비된 롤 크러셔

### (57) 요약

본 발명은 좌,우로 역회전되는 복수개의 제1,2롤라이너와, 제1,2롤라이너를 가압하는 제1,2가압라이너로 골재투입부에서 투입되는 골재들을 신속하고 안정적으로 대량으로 파쇄하여 종래의 정회전되어 복수개의 롤라이너 사이의 중앙에서 골재들을 파쇄하는 골재파쇄량보다 2배이상의 골재들 파쇄하도록 한 좌,우로 역회전되는 한쌍의 롤

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



## **Додаток Л**

### **Публікації автора**

## Публікації автора

пошукача кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

**Пищика Богдана Ігоровича**

1. Пищик Б.І. Модернізація теплообмінника «труба в трубі» / Б.І. Пищик, І.А. Андреев// Збірник тез доповідей XXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів». – 2017. – с. 60-61.
2. Пищик Б.І. Застосування удосконаленого теплообмінника в лінії виробництва пива / Б.І. Пищик, І.А. Андреев // Збірник тез доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання». – 2018. – с. 62-63.
3. Пищик Б.І. Нова конструкція теплообмінника «труба в трубі» / С.Г. Мішуков, Б.І. Пищик, І.А. Андреев, І.О. Мікульонок// Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання». – 2018. – с. 58-59.
4. Патент №122866 України. МПК (2018.01) F28D 7/10 (2006.01). Теплообмінник «труба в трубі»/ Пищик Б.І., Андреев І.А., Мікульонок І.О.; заявники Пищик Б.І., Андреев І.А., Мікульонок І.О.; № у 2017 08937; заявл. 08.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. №2.
5. Патент №122868 України. МПК (2018.01) F28D 7/10 (2006.01). Теплообмінник «труба в трубі»/ Мішуков С.Г., Пищик Б.І., Андреев І.А., Мікульонок І.О.; заявники Мішуков С.Г., Пищик Б.І., Андреев І.А., Мікульонок І.О.; № у 2017 08939; заявл. 08.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. №2.
6. Мішуков С.Г. Підвищення ефективності теплообмінників «труба в трубі» / С.Г. Мішуков, Б.І. Пищик, І.А. Андреев, І.О. Мікульонок // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»: технічні науки. – 2018.– №17(57). – с. 25-29.



## **МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»**

студент Пищик Б. І., к.т.н., доц. Андреев І. А.

**Національний технічний університет України**

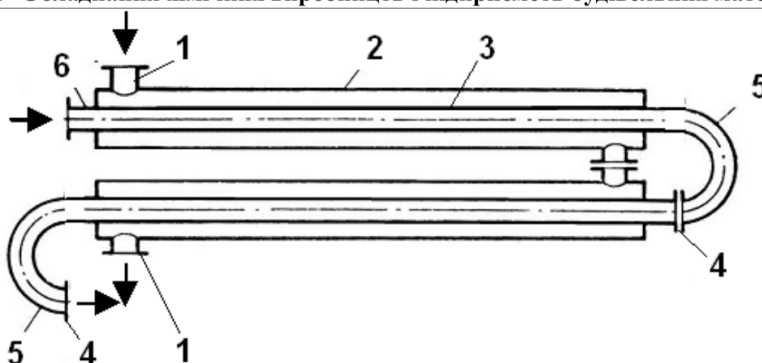
**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

Теплообмінник «труба в трубі» належить до теплообмінної апаратури, зокрема до теплообмінників з трубчастими теплообмінними елементами, і може бути використана в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості.

Типовий розбірний теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, з'єднані між собою за допомогою калачів з фланцями. Недолік такого теплообмінника – відносно велика матеріалоємність, спричинена наявністю калачів з двома фланцевими з'єднаннями на їхніх кінцях.

Для зменшення матеріалоємності теплообмінник пропонується одну з кінцевих ділянок кожної з внутрішніх труб виконати зігнутою з кутом згину  $180^\circ$ , а другу – прямолінійною [1]. Виконання внутрішніх труб із зазначеними відмітними ознаками дає змогу відмовитися від калачів як таких і відповідно додаткових фланцевих з'єднань, що знижує матеріалоємність теплообмінника. Крім того, зменшення кількості фланцевих з'єднань також підвищує надійність теплообмінника.

Модернізований теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 й розміщені в них внутрішні труби 3, споряджені на своїх кінцевих ділянках фланцями 4. При цьому одну з кінцевих ділянок 5 кожної з внутрішніх труб 3 виконано зігнутою з кутом згину  $180^\circ$ , а другу (ділянку 6) – прямолінійною (див. рисунок).



1 – патрубок; 2 – зовнішня труба; 3 – внутрішня труба; 4 – фланець, 5 – зігнута кінцева ділянка внутрішньої труби; 6 – прямолінійна кінцева ділянка внутрішньої труби

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник працює в такий спосіб.

Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 2, перетікаючи з одної в іншу крізь патрубки 1, а інший теплоносій – по внутрішніх трубах 3, з'єднаних між собою за допомогою фланців 4.

Пропонована корисна модель знижує матеріалоемність теплообмінника та підвищує його надійність.

#### Перелік посилань:

3. Заявка на патент України. МПК (2017.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Пищик Б. І.; заявник і патентовласник вони ж. – № u 201708937; заявл. 07.09.2017.

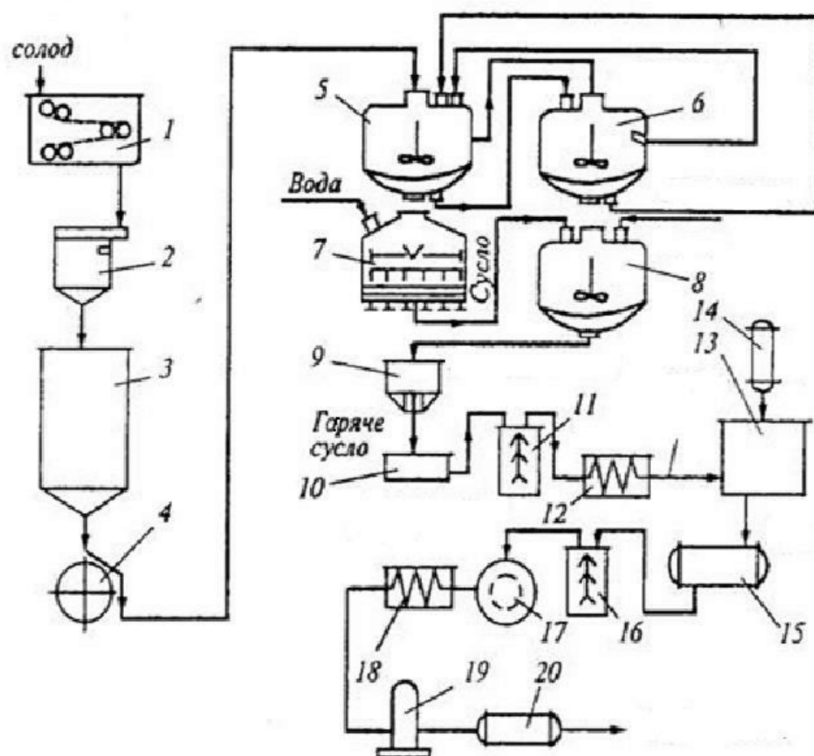
## ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ТЕПЛООБМІННИКА В ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ПИВА

студент Пищик Б.І., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Технологічна схема лінії виробництва пива подана на рисунку.



- 1 – вальцьова дробарка; 2 - ваги; 3 - бункер; 4 - магнітовловлювач; 5,6 - заторний апарат; 7 - фільтраційний апарат; 8 - варочний апарат; 9 – хмільовідділювач; 10 - збірник; 11 - сепаратор; 12 - пластинчатий теплообмінник; 13 - бродильний чан; 14 - чан с дріжджами; 15 - танк; 16 - сепаратор-освітлювач; 17 - фільтр; 18 – теплообмінник «труба в трубі»; 19 - карбонізатор; 20 – танк

Рисунок – Машинно-апаратурна схема лінії виробництва пива

Охолоджене сушло зливають в бродильний чан 13 разом з дріжджами з чана 14. Після бродіння, яке триває 6...8 діб, молоде пиво відділяють від дріжджів і перекачують в танк 15 для доброжування протягом 11...90 діб. Після закінчення доброжування пиво під тиском діоксиду вуглецю нагнітають в сепаратор-освітлювач 16 і фільтр 17, де воно звільняється від зважених в ньому дріжджів, інших мікроорганізмів та дрібнодисперсних частинок. Освітлене пиво охолоджується ропою в теплообміннику типу «труба в трубі» 18, насичується (при необхідності) діоксином вуглецю в карбоні заторі 19 і зливається в танк 20. Відфільтроване пиво з танка 20 під тиском подають в відділення пакування в споживчу та торгову тару.

Модернізований теплообмінник «труба в трубі» 18 містить з'єднанні між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, споряджені на своїх кінцевих ділянках фланцями. При цьому одну з кінцевих ділянок кожної з внутрішніх труб виконано зігнутою з кутом згину 180°, а другу – прямолінійною [1].

Запропонований теплообмінник характеризується меншою матеріалоемністю через те, що виконання внутрішніх труб із зазначеними відмітними ознаками дає змогу відмовитися від калачів як таких і, відповідно, додаткових фланцевих з'єднань.

Крім того, зменшення кількості фланцевих з'єднань також підвищує надійність теплообмінника.

#### **Перелік посилань:**

1. Пат. 122866 U Україна МПК (2006.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І.А., Мікульонок І.О., Пищик Б.І.; заявник і патентовласник вони ж. – № u 201708937; заявл. 08.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

### **НОВА КОНСТРУКЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»**

студент Мішуков С.Г., студент Пищик Б.І., к.т.н., доц. Андреев І. .

**Національний технічний університет України**

**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

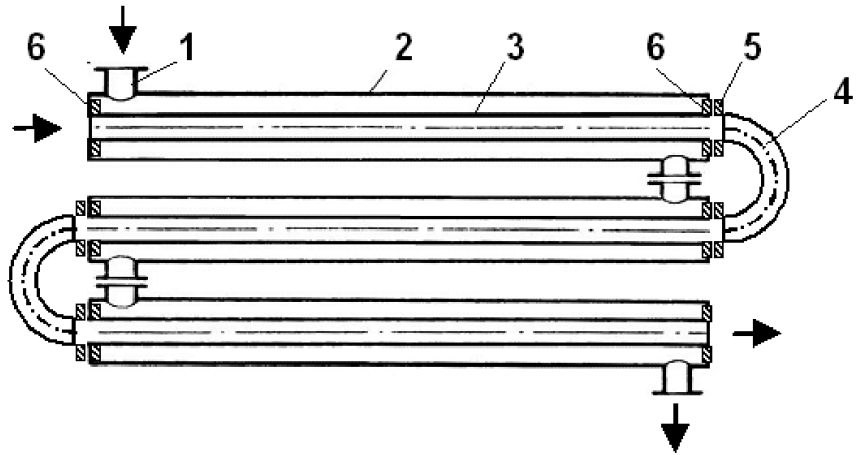
Теплообмінники типу «труба в трубі» є достатньо поширеними трубчастими теплообмінними апаратами в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості, які ефективно працюють у великому діапазоні тисків і характеризуються меншим гідравлічним опором міжтрубного простору порівняно з кожухотрубчастими теплообмінниками. Завдяки значним швидкостям руху теплоносіїв, які можна досягати в таких апаратах, забезпечується збільшення коефіцієнтів теплопередачі та уповільнення відкладення забруднень на стінках труб. Перевагою цих теплообмінників також є можливість їх складання на робочому місці збільшенням або зменшенням кількості секцій залежно від параметрів технологічного процесу

Стандартний розбірний однопотоковий теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, з'єднані між собою за допомогою калачів з фланцями.

Недоліком такого теплообмінника є відносно велика матеріалоємність.

Авторами було запропоновано фланці калачів з'єднувати з внутрішніми трубами за допомогою бобишок, розташованих на торцях зовнішніх труб [1]. Така конструкція дає змогу відмовитися від одного з фланців фланцевих з'єднань калачів. При цьому також зменшується довжина внутрішніх труб, що додатково знижує матеріалоємність теплообмінника в цілому.

Запропонований теплообмінник містить з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 й розміщені в них внутрішні труби 3, з'єднані між собою за допомогою калачів 4 з фланцями 5, які з'єднано з внутрішніми трубами 3 за допомогою бобишок 6, розташованих на торцях



1 – патрубок, 2 – зовнішня труба, 3 – внутрішня труба, 4 – калач, 5 – фланець,  
6 – бобишка.

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник працює в такий спосіб.

Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 2, перетікаючи з одної в іншу крізь патрубки 1, а інший теплоносіїв – по внутрішніх трубах 3, перетікаючи з одної в іншу крізь калачі 4.

Пропонована конструкція знижує матеріалоемність теплообмінника.

#### Перелік посилань:

1. Пат. 122868 U Україна МПК (2006.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Мішуков С. Г., Пищик Б. І.; заявник і патентовласник вони ж. – № u 201708939; заявл. 08.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122866** (13) **U**  
(51) МПК  
**F28D 7/10** (2006.01)

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

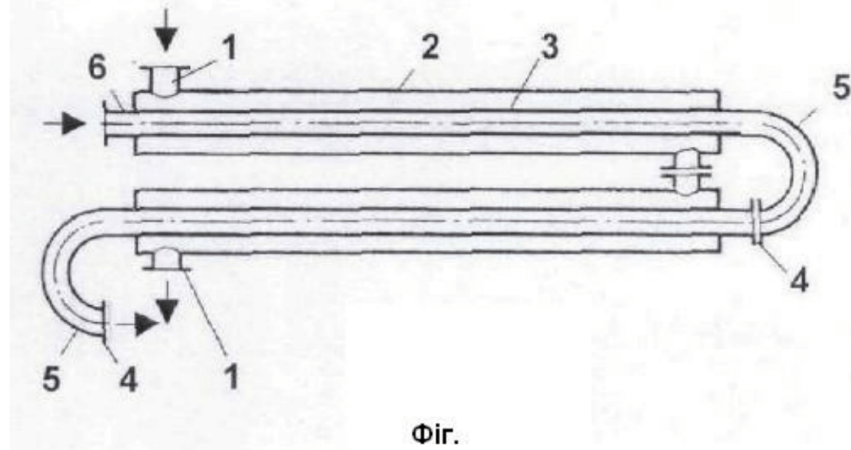
(21) Номер заявки: **u 2017 08937**  
(22) Дата подання заявки: **08.09.2017**  
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.01.2018**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.01.2018, Бюл.№ 2**

(72) Винахідник(и):  
**Андрєєв Ігор Анатолійович (UA),**  
**Мікульонок Ігор Олегович (UA),**  
**Пищик Богдан Ігорович (UA)**  
(73) Власник(и):  
**Андрєєв Ігор Анатолійович,**  
просп. Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ,  
03162 (UA),  
**Мікульонок Ігор Олегович,**  
вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02218  
(UA),  
**Пищик Богдан Ігорович,**  
вул. С. Білого, 6, м. Фастів, 08500 (UA)

**(54) ТЕПЛООБМІННИК "ТРУБА В ТРУБІ"**

**(57) Реферат:**

Теплообмінник "труба в трубі" містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, споряджені на своїх кінцевих ділянках фланцями. Одну з кінцевих ділянок кожної з внутрішніх труб виконано зігнутою з кутом згину 180°, а другу - прямолінійною.



Фіг.

Корисна модель належить до теплообмінної апаратури, зокрема до теплообмінників з трубчастими теплообмінними елементами, і може бути використана в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості.

Найближчим за технічною сутністю до пропонованого технічного рішення є теплообмінник "труба в трубі", що містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, з'єднані між собою за допомогою калачів з фланцями [Теплові процеси та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв. Розділ II. Теплові апарати та установки: навч. посіб. / Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонюк, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев. Київ: НМЦВО, 2004. С. 82, рис. 1.23].

Недолік цього теплообмінника - відносно велика матеріалоемність, спричинена наявністю калачів з двома фланцевими з'єднаннями на їхніх кінцях.

В основу корисної моделі покладена задача вдосконалення теплообмінника "труба в трубі", у якому нове конструктивне виконання його внутрішніх труб знижує матеріалоемність теплообмінника в цілому, а також підвищує його надійність.

Поставлена задача вирішується тим, що в теплообміннику "труба в трубі", що містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, споряджені на своїх кінцевих ділянках фланцями, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що одну з кінцевих ділянок кожної з внутрішніх труб виконано зігнутою з кутом згину  $180^\circ$ , а другу - прямолінійною.

Виконання внутрішніх труб із зазначеними відмітними ознаками дає змогу відмовитися від калачів як таких і відповідно додаткових фланцевих з'єднань, що знижує матеріалоемність теплообмінника. Крім того, зменшення кількості фланцевих з'єднань також підвищує надійність теплообмінника.

Суть корисної моделі пояснює креслення.

На кресленні зображено загальний вигляд теплообмінника.

Теплообмінник "труба в трубі" містить з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 й розміщені в них внутрішні труби 3, споряджені на своїх кінцевих ділянках фланцями 4. При цьому одну з кінцевих ділянок 5 кожної з внутрішніх труб 3 виконано зігнутою з кутом згину  $180^\circ$ , а другу (ділянку 6) - прямолінійною (Фіг.).

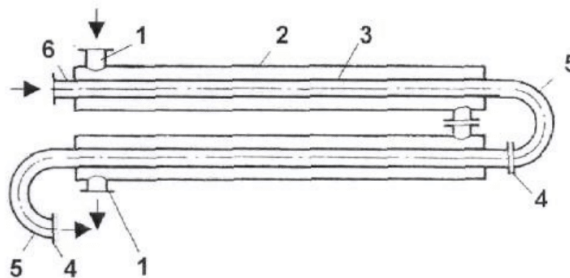
Теплообмінник працює в такий спосіб.

Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 2, перетікаючи з одної в іншу крізь патрубки 1, а інший теплоносій - по внутрішніх трубах 3, з'єднаних між собою за допомогою фланців 4.

Пропонована корисна модель знижує матеріалоемність теплообмінника та підвищує його надійність.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Теплообмінник "труба в трубі", що містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, споряджені на своїх кінцевих ділянках фланцями, який **відрізняється** тим, що одну з кінцевих ділянок кожної з внутрішніх труб виконано зігнутою з кутом згину  $180^\circ$ , а другу - прямолінійною.



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УДК 542.45-023.846-026.325(048.83)

**Андреев Игорь Анатолійович**

*кандидат технічних наук, доцент*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Андреев Игорь Анатольевич**

*кандидат технических наук, доцент*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Andreyev Igor**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Мікульонюк Ігор Олегович**

*доктор технічних наук, професор*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Микулёнок Игорь Олегович**

*доктор технических наук, профессор*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Mykuljonok Igor**

*Doctor of Technical Sciences, Professor*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Мішуков Станіслав Геннадійович**

*студент*

*Національного технічного університету України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Мишуков Станислав Геннадиевич**

*студент*

*Национального технического университета Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Mishukov Stanislav**

*Student of the*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Пищик Богдан Ігорович**

*студент*

*Національного технічного університету України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Пищик Богдан Игоревич**

*студент*

*Национального технического университета Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Pischik Bogdan**

*Student of the*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОБІМНІКІВ  
«ТРУБА В ТРУБІ»****ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННИКА  
«ТРУБА В ТРУБЕ»****EFFICIENCY IMPROVEMENT OF THE HEAT EXCHANGER  
«PIPE IN PIPE»**

**Анотація.** Теплообмінники типу «труба в трубі» є достатньо поширеними трубчастими теплообмінними апаратами в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості, які ефективно працюють у великому діапазоні тисків і характеризуються меншим гідравлічним опором міктрубного простору порівняно з кожухотрубчастими теплообмінниками. Завдяки значним швидкостям руху теплоносіїв, які можна досягати в таких апаратах, забезпечується збільшення коефіцієнтів теплопередачі та уповільнення відкладення забруднень на стінках труб. Перевагою цих теплообмінників також є можливість їх складання на робочому місці збільшенням або зменшенням кількості секцій залежно від параметрів технологічного процесу [1].

Теплообмінники «труба в трубі» можуть виготовлятися нерозбірними і розбірними. Нерозбірні однопотоківі теплообмінники використовуються для чистих теплоносіїв, що не дають відкладень, тобто коли відпадає потреба в механічному очищенні поверхні теплообмінних труб від забруднень. Розбірні однопотоківі теплообмінники забезпечують можливість вилучення теплообмінних труб для їх заміни або механічного очищення за межами апарата.

Для великих витрат робочих середовищ застосовуються многопотоківі теплообмінні апарати цього типу.

Для інтенсифікації процесу теплообміну труби виконують з поздовжніми, поперечними або спіральними ребрами, виступами й западинами тощо.

Також крім традиційних металів і сплавів для виготовлення теплообмінної апаратури все частіше застосовують різноманітні полімерні матеріали. У тому числі й композиційні, властивості яких можна прогнозувати на етапі розроблення їхнього складу [2].

Традиційні конструкції теплообмінників типу «труба в трубі» відпрацьовані у виробництві та експлуатації, проте навіть вони потребують вдосконалення. Тому дослідження з модернізації теплообмінної апаратури продовжуються і зараз. Далі розглянуто вдосконалені конструкції теплообмінників типу «труба в трубі», запропоновані працівниками Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Ключові слова:** теплообмінник, труба в трубі, фланець, апарат.

**Аннотация.** Теплообменники типа «труба в трубе» есть достаточно распространенными трубчатыми теплообменными аппаратами в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой, теплоэнергетической и родственных отраслях промышленности, эффективно работают в большом диапазоне давлений и характеризуются меньшим гидравлическим сопротивлением межтрубного пространства по сравнению с кожухотрубными теплообменниками. Благодаря значительным скоростям движения теплоносителей, которые можно достигать в таких аппаратах, обеспечивается увеличение коэффициентов теплопередачи и замедление отложения загрязнений на стенках труб.

Преимуществом этих теплообменников есть также возможность их сборки на рабочем месте увеличением или уменьшением количества секций в зависимости от параметров технологического процесса [1].

Теплообменники «труба в трубе» могут изготавливаться неразборными и разборными. Неразборные однопоточные теплообменники используются для чистых теплоносителей, не имеют отложений, то есть тогда отпадает необходимость в механической очистке поверхности теплообменных труб от загрязнений. Разборные однопоточные теплообменники обеспечивают возможность извлечения теплообменных труб для их замены или механической очистки за пределами аппарата.

Для больших затрат рабочих сред применяются многопоточные теплообменные аппараты этого типа.

Для интенсификации процесса теплообмена трубы выполняют с продольными, поперечными или спиральными ребрами, выступами и впадинами и тому подобное.

Также помимо традиционных металлов и сплавов для изготовления теплообменной аппаратуры все чаще применяют различные полимерные материалы. В том числе и композиционные, свойства которых можно прогнозировать на этапе разработки их состав [2].

Традиционные конструкции теплообменников типа «труба в трубе» отработаны в производстве и эксплуатации, однако даже они нуждаются в совершенствовании. Поэтому исследования по модернизации теплообменной аппаратуры продолжаются и сейчас. Далее рассмотрены усовершенствованные конструкции теплообменников типа «труба в трубе», предложенные работниками Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского».

**Ключевые слова:** теплообменник, труба в трубе, фланец, аппарат.

**Summary.** Heat exchangers of the «pipe in pipe» type are fairly common tubular heat exchangers in the chemical, oil refining, food, heat and energy, and related industries, they effectively operate in a large pressure range and are characterized by a lower hydraulic resistance of the annulus compared to shell-and-tube heat exchangers. Due to the significant speeds of movement of coolants that can be achieved in such devices, an increase in the coefficients of heat transfer and slowing the deposition of contaminants on the walls of pipes is ensured.

The advantage of these heat exchangers is also the possibility of assembling them at the workplace by increasing or decreasing the number of sections depending on the parameters of the technological process [1].

Heat exchangers «pipe in pipe» can be made non-separable and collapsible. Non-separable single-flow heat exchangers are used for clean coolants, have no deposits, that is, then there is no need for mechanical cleaning of the surface of heat exchange tubes from contamination. Folding single-flow heat exchangers provide the ability to extract heat exchange tubes for their replacement or mechanical cleaning outside the apparatus.

Also, in addition to traditional metals and alloys, various polymeric materials are increasingly being used for the manufacture of heat exchange equipment. Including compositional, whose properties can be predicted at the development stage of their composition [2].

Traditional designs of tube-in-tube heat exchangers have been developed in production and operation, but even they need to be improved. Therefore, research on the modernization of heat exchange equipment continues today. Further, the improved designs of heat exchangers of the «pipe in pipe» type proposed by the staff of the National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» are considered.

**Key words:** heat exchanger, pipe in pipe, flange, apparatus.

Для підвищення турбулізації потоку теплоносія в центральній трубі запропоновано виконувати розташовані на внутрішній поверхні калачів спіральні ребра, що забезпечує закручування потоку, а отже й підвищення ефективності процесу теплообміну [3]. Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 2, перетікаючи з однієї в іншу крізь патрубки 1, а інший теплоносій — по внутрішніх трубах 3, перетікаючи з однієї в іншу крізь калачі 4 з фланцями 5, під час проходження яких завдяки спіральним ребрам 6 він набуває спірального руху, що інтенсифікує процес тепловіддачі у внутрішніх трубах 3 (рис. 1, 2).

Забезпечення закручування потоку трубного простору з одночасним захистом калачів від гідрерозійного зношування можна здійснити також за рахунок розміщення всередині кожного калача трубчастої полімерної вставки зі спіральними ребрами на її внутрішній поверхні [4]. Такий теплообмінник містить з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 і розміщені в них внутрішні труби 3, з'єднані між собою за допомогою калачів 4 з фланцями 5, при цьому всередині кожного калача 4 розміщено трубчасту полімерну вставку 6 зі спіральними ребрами 7 на її внутрішній поверхні. На одному з торців кожної трубчастої полімерної вставки 6 може бути виконано розбортовку 8 для її розміщення в западині фланця 5, що забезпечує фіксацію в калачі 4 трубчастої полімерної вставки 6 в осьовому напрямку (рис. 1, 3).

Знизити матеріалоемність теплообмінника можна за рахунок виконання фланців криволінійних патрубків

внутрішніх труб горизонтальними, що дає змогу зменшити кількість фланцевих з'єднань зазначених патрубків з внутрішніми трубами з двох до одного. Крім того, таке виконання фланців спрощує складання й розбирання теплообмінника [5]. Удосконалений теплообмінник «труба в трубі» містить сукупність співвісно розміщених горизонтальних труб 1 і 2, зовнішні з яких (труби 1) з'єднано між собою за допомогою прямолінійних патрубків 3 з горизонтальними фланцями 4, а внутрішні (труби 2) — криволінійних патрубків 5 з горизонтальними фланцями 6 (рис. 4).

Зниження матеріалоемності теплообмінника досягається також при використанні ще однієї пропозиції [6]. У цьому випадку теплообмінник містить з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 й розміщені в них внутрішні труби 3, які споряджені на своїх кінцевих ділянках фланцями 4. При цьому одну з кінцевих ділянок 5 кожної з внутрішніх труб 3 виконано зігнутою з кутом згину 180°, а другу (ділянку 6) — прямолінійною (рис. 5). Виконання внутрішніх труб із зазначеними відмітками

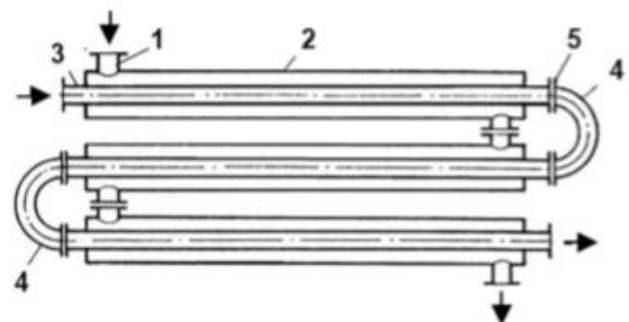


Рис. 1. Загальний вигляд теплообмінника «труба в трубі»

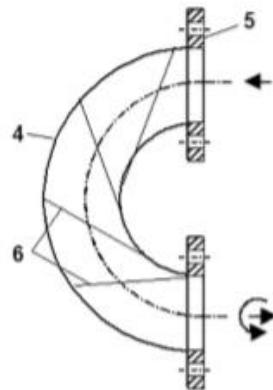


Рис. 2. Поздовжній розріз калача зі спіральними ребрами

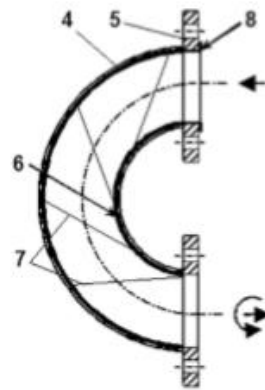


Рис. 3. Поздовжній розріз калача з полімерною вставкою

ознаками дає змогу відмовитися від калачів як таких і, відповідно, додаткових фланцевих з'єднань, що і знижує матеріалоемність теплообмінника. Крім того, зменшення кількості фланцевих з'єднань також підвищує надійність теплообмінника.

Для зниження матеріалоемності і, одночасно, гідравлічного опору міжтрубного простору запропоновано патрубки утворювати у вигляді зігнутих на  $90^\circ$  кінцевих ділянок зовнішніх труб. У найприйнятніших прикладах виконання теплообмінника кінцеві ділянки кожної із зовнішніх труб розташовано в одній площині без повороту одна відносно одної або кінцеві ділянки кожної із зовнішніх труб повернуто одна відносно одної на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  [7]. Така конструкція дає змогу відмовитися від патрубків як окремих деталей або складальних одиниць, що знижує матеріалоемність теплообмін-

ника. При цьому плавний згин кінцевих ділянок зовнішніх труб сприяє зниженню гідравлічного опору міжтрубного простору теплообмінника. Розташування же кінцевих ділянок кожної із зовнішніх труб в одній площині без повороту одна відносно одної, з поворотом одна відносно одної на  $90^\circ$  чи  $180^\circ$  забезпечує складання теплообмінника майже з довільним розташуванням зовнішніх труб у просторі, що розширює технологічні можливості теплообмінника в цілому, а також робить його компактним, що також знижує його матеріалоемність (рис. 6).

Для зниження гідроерозійного зношування калачів, а також зменшення теплових втрат з їхньої поверхні в навколишнє середовище на внутрішню поверхню калачів пропонується наносити антифрикційне теплоізоляційне покриття, наприклад, з політетрафторетилену [8]. Таке виконання підвищує надійність та ефективність теплообмінника в цілому.

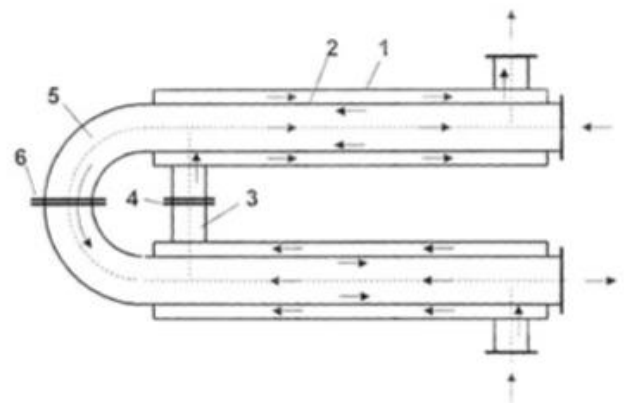


Рис. 4. Загальний вигляд теплообмінника «труба в трубі» з горизонтальними фланцями криволінійних патрубків внутрішніх труб

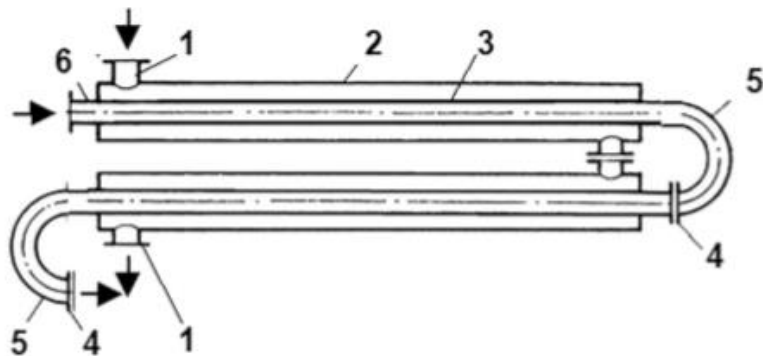


Рис. 5. Загальний вигляд теплообмінника «труба в трубі» зі зміненими внутрішніми трубами

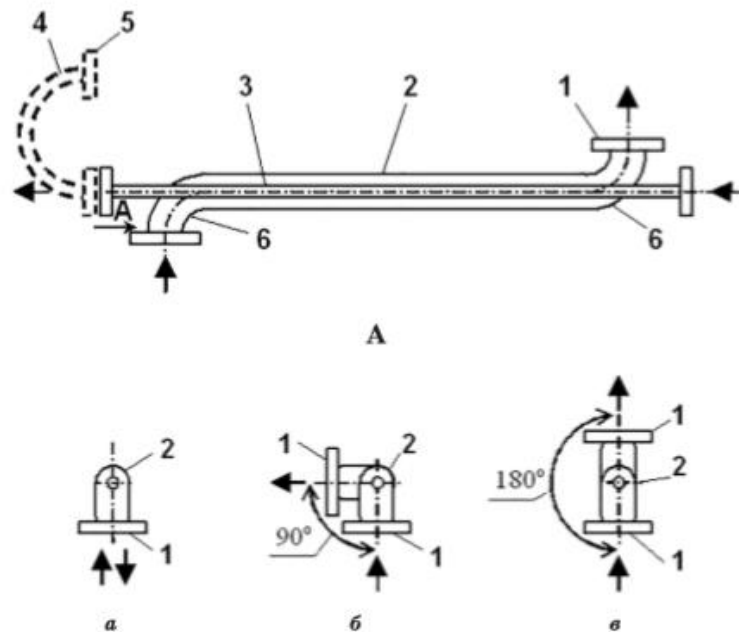


Рис. 6. Теплообмінник «труба в трубі» з розташуванням кінцевих ділянок зовнішніх труб в одній площині без повороту одна відносно одної (а), з поворотом на  $90^\circ$  (б) і на  $180^\circ$  (в):  
1 — патрубок; 2 — зовнішня труба; 3 — внутрішня труба; 4 — калач, 5 — фланець;  
6 — кінцева ділянка зовнішньої труби

Застосування на практиці удосконалених теплообмінних апаратів дає змогу підвищити ефективність проведення технологічних процесів, а також підвищити надійність технологічного обладнання.

При цьому для детального обґрунтування ефективності роботи таких апаратів у подальшому планується виконати відповідні експериментальні дослідження.

#### Література

1. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчёта химико-технологического и природоохранного оборудования: в 3-х т. — Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002.
2. Микільчук І. О. Класифікація термопластических композиційних матеріалів і їх наповнювачів / Пластическі маси, — 2012. — № 9. — С. 29–38.
3. Пат. 120697 У Україна МПК(2006.01) F28D7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / І. О. Мікульонюк, І. А. Андрєв, Д. В. Панченко; заявник і патентовласник — вони ж. — № у 201705799; заявл. 12.06.2017; опубл. 10.11.2017, Бюл. № 21.
4. Пат. 121939 У Україна МПК(2006.01) F28D7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / І. О. Мікульонюк, І. А. Андрєв, А. А. Довгошея; заявник і патентовласник — вони ж. — № у 201705544; заявл. 06.06.2017; опубл. 26.12.2017, Бюл. № 24.
5. Пат. 112663 У Україна МПК(2006.01) F28D7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / І. А. Андрєв, І. О. Мікульонюк, С. М. Гайдін; заявник і патентовласник — вони ж. — № у 201606503; заявл. 14.06.2016; опубл. 26.12.2016, Бюл. № 24.
6. Пат. 122866 У Україна МПК(2006.01) F28D7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / І. А. Андрєв, І. О. Мікульонюк, Б. І. Пищик; заявник і патентовласник — вони ж. — № у 201708937; заявл. 08.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
7. Пат. 122867 У Україна МПК(2006.01) F28D7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / І. О. Мікульонюк, І. А. Андрєв, С. Г. Мішуков; заявник і патентовласник — вони ж. — № у 201708938; заявл. 08.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
8. Пат. 122868 У Україна МПК(2006.01) F28D7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / І. О. Мікульонюк, І. А. Андрєв, С. Г. Мішуков, Б. І. Пищик; заявник і патентовласник — вони ж. — № у 201708939; заявл. 08.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

